

Overleving og vekst på utsett elvemusling *Margaritifera margaritifera* i Audna, Vest-Agder



Norsk institutt for vannforskning

RAPPORT

Hovedkontor

Gaustadalléen 21
0349 Oslo
Telefon (47) 22 18 51 00
Telefax (47) 22 18 52 00
Internet: www.niva.no

Sørlandsavdelingen

Televeien 3
4879 Grimstad
Telefon (47) 22 18 51 00
Telefax (47) 37 04 45 13

Østlandsavdelingen

Sandvikaveien 41
2312 Ottestad
Telefon (47) 22 18 51 00
Telefax (47) 62 57 66 53

Vestlandsavdelingen

Postboks 2026
5817 Bergen
Telefon (47) 22 18 51 00
Telefax (47) 55 23 24 95

NIVA Midt-Norge

Postboks 1266
7462 Trondheim
Telefon (47) 22 18 51 00
Telefax (47) 73 54 63 87

Tittel Overleving og vekst på utsett elvemusling <i>Margaritifera margaritifera</i> i Audna, Vest-Agder	Løpenr. (for bestilling) 5590-2008	Dato 25.02.08
	Prosjektnr. Undernr. O-27174	Sider Pris 33
Forfatter(e) Einar Kleiven Dag Dolmen, NTNU Vitenskapsmuseet	Fagområde Forsuring/kalking	Distribusjon
	Geografisk område Vest-Agder	Trykket NIVA

Oppdragsgiver(e) Direktoratet for naturforvaltning	Oppdragsreferanse Roy Langåker
--	--

Sammendrag

Audna er ei gamal "perleelv", der forsuring tok knekken på dei siste elvemuslingane om lag 1950. I 1991, med kalking frå 1985, vart det sett ut 250 elvemuslingar på fire stasjonar i Audna, der 200 av dei var individmerka. Ein stor flaum 1.12.1992 førde vekk mesteparten av elvemuslingane på stasjonane 1-3. Det er gjort opptellingar av muslingane i 1992, 1993 og 1994 og registreringar i 1996, 1999, 2001 og 2007. I 1996 vart det registrert gjenfunn på 8, 32, 20 og 74% av dei utsette elvemuslingane på stasjonane 1-4. I 2007 var det gjenfunn av 18 og 68% av elvemuslingane på stasjonane 3 og 4. Sjølveta blerte og små muslingar er minst utsette for å bli førde vekk ved store flaumar. Tilveksten på elvemuslingane på stasjon 3 har vore markert betre enn på stasjon 4, truleg pga. rolegare straumtilhøve ved stasjon 3. I tidsrommet 1991-2007 var tilveksten 1,3 mm pr. år på stasjon 3 og 0,1 mm pr. år på stasjon 4. Fiskegjeller er undersøkt for glochidielarver, men med negativt resultat. Fiskegjeller av laks og aure frå våren 2007 er analysert for aluminium (Al) og jern (Fe). Resultata viste høge verdiar for både stasjon 3 og 4. Det er gjeve råd for eventuell gjeninnføring eller overføring av elvemuslingar.

Fire norske emneord 1. Elvemusling 2. Audna 3. Forsuring/kalking 4. Reintroduksjon	Fire engelske emneord 1. Pearl mussel 2. River Audna 3. Acidification/liming 4. Reintroduction
---	---



Einar Kleiven
Prosjektleder



Trond Rosten
Forskningsleder



Jarle Nygård
Fag- og markedsdirektør

ISBN 978-82-577-5325-2

Overleving og vekst på utsett elvemusling
***Margaritifera margaritifera* i Audna, Vest-Agder**

Forord

Audna hadde tidlegare ein bestand av elvemusling, og elva var kjent for perlefisket sitt. Etter krigen forsvann elvemuslingen. I 1991 vart det sett ut 250 vaksne elvemuslingar på fire plassar i Audna. I denne rapporten legg vi fram resultat på overleving og vekst på den utsette elvemuslingen.

Vi takkar Ole Erik Larsen, Tryland, for god hjelp i den fyrste fasa av prosjektet og for å ha observert elvemuslingane i fleire år etter utsetjing. Vi har undersøkt laksefisk for glochidielarver på ungfisk som var fanga av LFI-Unifob i Bergen. Vi takkar Bjørn T. Barlaup for at vi fekk sjekke dette fiskematerialet for glochidielarver. Dessutan takkar vi Randi Saksgård, NINA, for bruk av figur av vasskjemien frå to stasjonar i Audna og Jarle Håvardstun, NIVA, for å ha laga kartet.

Direktoratet for naturforvaltning har finansiert arbeidet, og vi takkar for den økonomiske støtta til prosjektet.

Grimstad, 25. februar 2008

Einar Kleiven

Innhold

Samandrag	7
Summary	8
1. Innleiing	9
2. Bakgrunnsopplysningar	10
2.1 Audnavassdraget	10
2.2 Ei gamal "perleelv"	11
2.3 Forsuring og kalking	11
2.4 Elvemuslingar utsett i Audna	12
2.5 Stasjonsomtale	12
3. Metodikk	13
4. Resultat og diskusjon	14
4.1 Registreringar av elvemuslingar	14
4.1.1 Registreringar i 1991	14
4.1.2 Opptellingar gjort 1992-1994	15
4.1.3 Utslepp av Pax-14 i juli 1996	15
4.1.4 Registreringar i 1996	15
4.1.5 Registreringar i 1999	16
4.1.6 Registreringar i 2001	17
4.1.7 Registreringar i 2007	17
4.2 Gjenfunn 1996-2007	18
4.2.1 Overleving av umerka og merka elvemuslingar	19
4.3 Tilvekst på elvemuslingar	20
4.4 Fisk undersøkt for glochidielarver	26
4.4.1 Elfiske i 1996 og 1999	26
4.4.2 Elfiske i 2001	26
4.4.3 Elfiske i 2007	27
4.5 Aluminium og jern på fiskegjellene	28
4.6 Tidlegare overføringar av elvemuslingar	29
4.7 Råd om gjeninnføring eller overføring av elvemuslingar	29
5. Litteratur	31

Samandrag

Audna er ei gamal ”perleelv”, der forsuring tok knekken på den siste resten av bestanden av elvemusling om lag 1950. Audna er kalka frå 1985 med ein doserar ved Stedjan og ein ved Tryland. Etter kalking har vasskjemien vore god.

I Audnedal var det lokal interesse for å gjeninnføre elvemuslingen, og det var det også frå fagleg hald. I 1991 vart det sett ut 250 elvemuslingar med lengder frå 6,55-14,12 cm på fire stasjonar i Audna, der 200 av dei var individmerka. Ein flaum i 1.12.1992 tok med seg mesteparten av elvemuslingane på dei tre stasjonane lengst nede (st. 1-3).

Det er gjort opptellingar av elvemuslingane i 1992, 1993, og 1994 og registreringar på dei i 1996, 1999, 2001 og 2007. I 1996 vart det registrert gjenfunn på 8, 32, 20 og 74% av elvemuslingane på stasjonane 1-4. I 2007, med registreringar berre på stasjon 3 og 4, var det gjenfunn av 18 og 68% av elvemuslingane på desse to stasjonane. Prosenten gjenfunn på stasjon 3 og 4 har vore ganske stabil etter 1996.

Erfaringar viser at sjølvetablerte og små muslingar er minst utsette for å bli førde vekk ved store flaumar.

Tilveksten på elvemuslingane var ganske lik på stasjon 1, 2 og 3 frå 1991 til 1996. På stasjon 4 var det ein dårlegare tilvekst. Etter 1996 er det vekstdata på elvemuslingar berre frå st. 3 og 4. Ei samanlikning mellom st. 3 og st. 4 viser at det har vore ein markert betre tilvekst på st. 3 i høve til st. 4. Det skuldast truleg mest at det er rolegare straumtilhøve på stasjon 3 med betre tilhøve til å fange matpartiklar. Tilveksten på stasjon 3 var i gjennomsnitt 1,3 mm pr. år i tidsrommet 1991-2007 på merka muslingar. På merka muslingar på stasjon 4 var det derimot ein årleg tilvekst på berre 0,1 mm pr. år.

Fiskegjeller av både laks og aure er undersøkte for glochidielarver til ulike tidspunkt (april/september/november), men ingen glochidielarver vart funne.

I april 2007 vart det tatt prøver av fiskegjeller for analyser av aluminium og jern. Resultata viste høge verdier (som turrvekt (tv) gjelle) på dei to undersøkte stasjonane 3 og 4: gjennomsnittleg Al var 36,2/54,4 µg Al/g tv for laks og 34,0/63,3 µg Al/g tv for aure. Gjennomsnittleg Fe var 411,1/523,0 µg Fe/g tv for laks og 318,5/389,0 µg Fe/g tv for aure. Dei høgaste aluminiumsverdiane vart registrert på den nedste stasjonen (st. 3) både for laks og aure. Truleg skuldast det surt vatn frå sidebekkar. For jern var dei høgaste verdiane på den øvste stasjonen (st. 4) både for laks og aure.

Avslutningsvis er det gjeve råd for gjeninnføring eller overføring av elvemuslingar.

Summary

The River Audna is an old "pearl fishery" river, where pearl mussels *Margaritifera margaritifera* got extinct due to acidification about 1950. River liming has been conducted since 1985 at Stedjan and Tryland. After liming started, the water chemistry has been very much improved.

In Audnedal it was local interest to reintroduce the pearl mussels, and it was also of professional interest. In 1991, 250 specimens of the pearl mussel (6.55-14.12 cm long), were reintroduced at four sites in Audna, of which 200 were marked (number engraved in the shells). Unfortunately, a flood in December 1992 washed away many mussels at st. 1-3.

After 1991, the mussels have been counted in 1992, 1993, 1994 and recorded in 1996, 1999, 2001 and 2007. The recaptures in 1996 were 8, 32, 20 and 74% (st. 1-4) and in 2007 (with only two stations) they were 18 and 68% (st. 3-4) of the numbers stocked in 1991.

Experiences show that self established and small pearl mussels are less vulnerable to be washed away by heavy flow of water.

The growth was relatively equal at st. 1, 2 and 3 from 1991 to 1996. At st. 4 the growth was slower. After 1996, we have only growth data from st. 3 and 4. Compared to st. 4, the mussels at st. 3 have had a much better growth, which may be due to a more quiet-flowing river at st. 3. Less rapid water flow may benefit the mussels' "catching" of food items. The yearly increment of marked mussels at st. 3 was on average 1.3 mm per year, compared to 0.1 mm per year at st. 4.

Fish gills have been investigated for glochidia larvae at different times of the year (April/September/November), but no glochidia have been discovered.

In April 2007, fish gills were analyzed for aluminium and iron at st. 3 and 4, which revealed high values: Average figures for Al were 36.2/54.4 µg Al/g dw for salmon and 34.0/63.3 µg Al/g dw for brown trout. Average figures for Fe were 411.1/523.0 µg Fe/g dw for salmon and 318.5/389.0 µg Fe/g dw for brown trout. The highest concentrations of Al were found at st. 3 both for salmon and brown trout, which may be due to acid runoff from tributaries to Audna. The highest concentrations of Fe were found at the upper st. 4 both for salmon and brown trout.

Finally there are given some pieces of advice for reintroduction or stocking of pearl mussels.

Title: Survival and growth of the stocked pearl mussel *Maragritifera margaritifera* in River Audna, Vest-Agder.

Year: 2008

Author: Kleiven, Einar & Dolmen, Dag

Source: Norwegian Institute for Water Research, ISBN No.: ISBN 82-577-5325-2

1. Innleiing

Elvemusling *Margaritifera margaritifera* L. er ein stor musling som lever på rennande vatn i bekk eller elv. Denne store muslingarten har ein kompleks og interessant livssyklus. Elvemuslingen økslar seg ved egg som blir befrukta inne i mordyret og dei blir haldne tilbake av gjellene medan dei utviklar seg til glochidielarver (Ziuganov *et al.* 1994). Når larvene slepper seg frå mordyret, må dei bli innanda av ein vertsfisk, laks eller aure. Dei er levedyktige i seks dagar, og innan den tida ebbar ut må dei feste seg på fiskegjellene for å utvikle seg vidare. Glochidielarvene sit vanlegvis festa til gjellene på vertsfisken i 4 til 12 månader. Etter den tid slepper larvene seg ned på bekke- eller elvebotnen. Etter nokre år, avhengig av mange faktorar, kjem unge elvemuslingar opp av botnssubstratet og etablerar seg som den store muslingen på rennande vatn som mange kjenner til. Den største elvemuslingen som er registrert var eit individ på 16,2 cm som er registrert i Nordvest-Russland.

Elvemuslingen tilhøyre ei holarktisk artsgruppe som finst utbreidd over store delar av den nordlege halvkule: i Europa, Sibir og Canada/Alaska (jf. Larsen 1997). I Europa strekkjer utbreiingsområdet for elvemuslingen seg frå nordvestre Spania og Alpane i sør til Ishavet i nord, men tyngdepunktet for arten i dag ligg i Skottland, Skandinavia og Russland (Hendelberg 1960; Wächtler 1986; jf. Willmann & Pieper 1978; Young 1995). I Noreg er utbreiinga av elvemusling bla. omtala og kartfesta hjå Økland (1975, 1976) og Dolmen & Kleiven (1997ab, 1999). Ein nærstående form, *M. margaritifera durrovensis* (Phillips), er unik for River Nore i Sør-Irland (Moorkens & Costello 1994).

Det som har gjort elvemuslingen kjent og ettertrakta, er den evne han har til å kunne produsere perler av perlemor. Perlene frå elvemuslingen har vore svært ettertrakta blant kongar og adelsfolk på kontinentet i fleire hundre år (jf. Watne mfl. 2007). Den eldste opplysninga om norsk perlefangst er eit dokument frå 1637 med den fyrste forordninga om perlefisket her i landet (Taranger 1890).

Det er ei aukande kulturhistorisk interesse for perler frå elvemuslingen og bruken av dei, som særleg er konsentrert om elveperler frå Jæren. Om perlefangsten i Håelva presenterte Risa (2005) ein kulturhistorisk artikkel i *Årbok for Jærmuseet* for 2004. Sommaren 2007 vart det arrangert ei utstilling på Hå gamle prestegard om jærperlene og om perler som er brukte i gamle danske dronningsmykke (Anonym 2007; Watne mfl. 2007).

Ved sida av at elvemuslingen er eit kulturhistorisk klenodium, er han også verdifull som miljøindikator. Elvemuslingen har nemleg eit alderspotensiale på om lag 150 år, og med evna til å lagre sporstoff frå vatnet i skalet, utgjer han dermed ein langtidsdatabank for alle vassdrag der han finst (jf. Carell *et al.* 1987).

Av ulike årsakar som forureining, fysisk inngrep og overutnytting (perlefiske) (Young *et al.* 2000; jf. Hastie *et al.* 2001) har elvemuslingen gått sterkt attende i Europa, og arten vart oppført i IUCN's Red Data Book (Wells *et al.* 1983), og frå 1987 på Bern-konvensjonens liste III over truga artar (jf. Collins & Wells 1987; Angell-Petersen & Størkersen 1994). I Noreg og Norden blir elvemuslingen rekna som sårbar (Størkersen 1992; Angell-Petersen & Størkersen 1994, Nordiska ministerrådet 1995). På grunn av forureining i mange norske vassdrag, ikkje minst forsuring (Dolmen & Kleiven 2004), har også elvemuslingen mange plassar her i landet gått sterkt attende eller forsvunne heilt. I 1993 vart elvemuslingen freda i Noreg, med basis i den nye Lov om laks og innlandsfisk av 1992. Dette er bakgrunnen for at elvemuslingen nå er vurdert til raudlistekategori VU (sårbar) i *Norsk Rødliste 2006* frå Artsdatabanken (Kålås mfl. 2006). På denne bakgrunnen har Direktoratet for naturforvaltning utarbeidd ein forvaltningsplan for å ta vare på elvemuslingen (DN 2006).

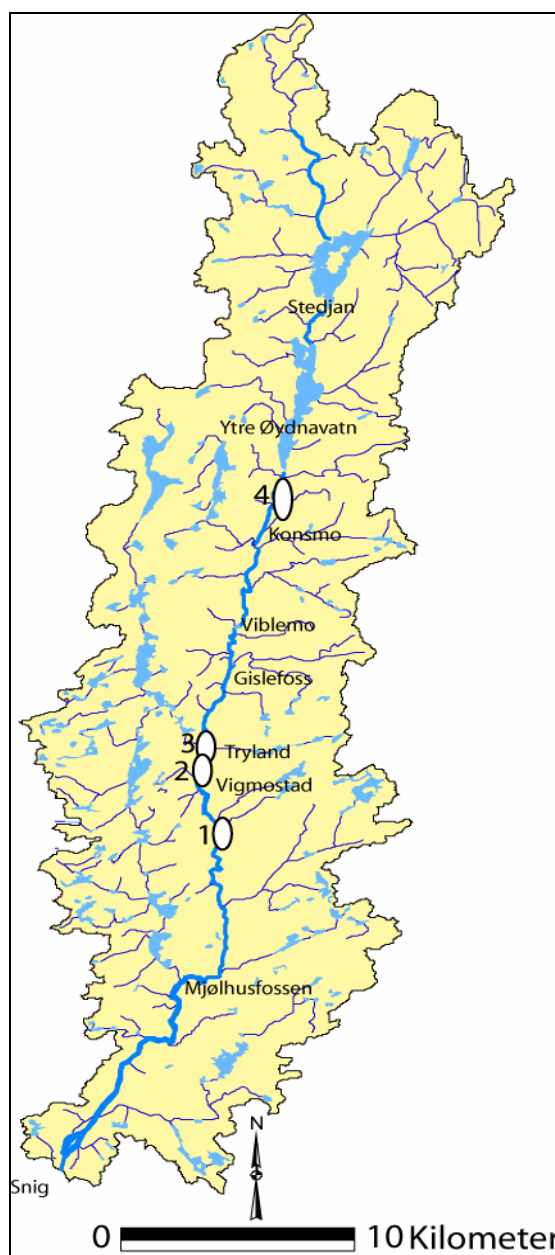
Audna er ei gamal "perleelv", der forsuring tok knekken på den siste resten av bestanden om lag 1950 (Dolmen & Kleiven 2004). På grunnlag av kunnskapsstatus om arten ved inngangen til 1990-talet, og lokal interesse, var det av stor forskings- og forvaltningsmessig interesse å prøve og gjeninnføre elvemuslingen i Audna etter fleire år med kalking. I 1991 vart det sett ut 250 vaksne elvemuslingar på fire stasjonar i Audna (Dolmen & Kleiven 1993; jf. kap. 2.4 og 3). I alt 200 av dei var individmerka.

Denne rapporten summerer opp registreringar som er gjort på den utsette elvemuslingen i Audna fram til 2007.

2. Bakgrunnsopplysningar

2.1 Audnavassdraget

Audnavassdraget er eit relativt lite vassdrag som munnar ut i sjøen ved Snig i Lindesnes kommune i Vest-Agder (**Figur 1**). Vassdraget ligg mellom Lyngdalsvassdraget i vest og det langt større Mandalsvassdraget i aust, i kommunene Audnedal og Lindesnes. I øvre delen av vassdraget ligg det to større innsjøar, Øvre Øydnavatn (111 moh./3,04 km²) og Ytre Øydnavatn (96 moh./3,39 km²) i tillegg til det mindre Grindheimsvatnet (117 moh./0,47 km²). Audnavassdraget utgjer 514 km² (NVE.no). Sjølve hovudvassdraget er uregulert.



Figur 1. Kart over Audnavassdraget med stasjonane der det vart utsett elvemusling i 1991.

Audna er jamt hellande med enkelte, fine fossefall: Melhusfossen, Hagefossen, Gaupefossen og Gislefossen lengst oppe (Haraldstad 1991).

Nedbørfeltet til Audna ligg innanfor det sørnorske grunnfjellsområdet, med bergartar hovudsakleg av ulike typer gneis og granitt (Kleiven & Matzow 1989). Både gneis og granitt forvittrar seint og gjev opphav til næringsfattig jordsmonn.

Heiene på båe sider av dalføret går opp i 3-400 moh. Sjølve dalføret er stort sett sletteland med store avsetningar av sand og grus frå avsmeltinga etter siste istida.

Audna er laks- og sjøaureførande (Haraldstad 1991). Både laks og sjøaure kan passere alle dei nemnde fossane og går heilt opp til stryka mellom Øydnavatna, ei strekning på om lag 50 km. Melhusfossen og Gislefossen er kjent som svært gode fiskeplassar.

2.2 Ei gamal ”perleelv”

I Audna er det lange tradisjonar med å ”fiske” elvemuslingar for å finne perler (jf. Kleiven mfl. 1989; Kleiven & Dolmen 1999). I Audnedal var det folk som dreiv jamt med perlefiske i elva fram til rundt 1910, og unggutane heldt på enda ei stund (Tryland 1977a).

I eldre tid var perlefiske eit kongeleg regale (Taranger 1890). Men folk fiska ”perler i løynd og bytta dei bort med framande sjøfolk som ofte var i elvemunningen for å henta tømmer” skriv Tryland (1977a). Fleire vart opp gjennom åra mistenkt for ulovleg perlefiske. Fyrste gongen ein høyrer om slikt tjuvfiske frå Audna er i 1684. Da vart folk i Audnedal innkalla til ting på Foss for mistanke om ulovleg perlefiske. Det var fleire personar frå Løland, Spilling og Tryland som var mistenkte for tjuvfiske, men dei forsvara seg så godt at dei vart frikjende (Tryland 1977a,b; Bergstøl 1960). Liknande saker var det sikkert mange av i eit fattigsleg land der ei skikkeleg perle kunne vera verd svært mykje.

2.3 Forsuring og kalking

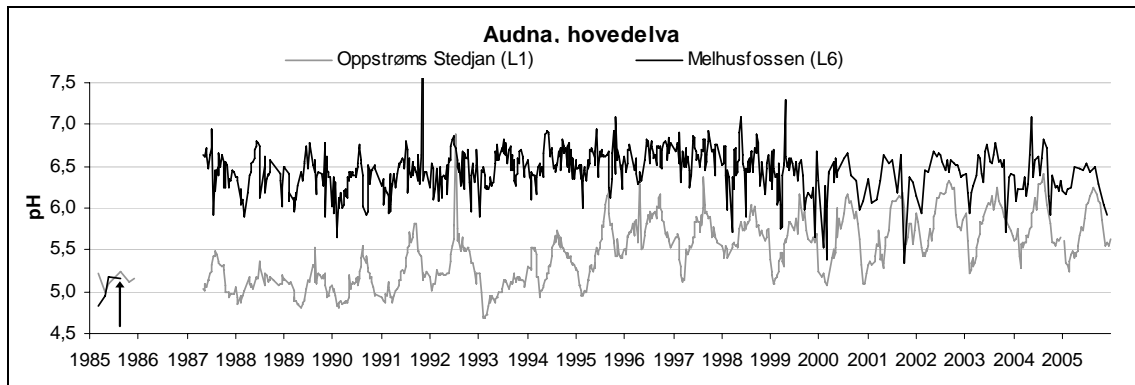
På grunn av forsuring forsvann elvemuslingen i Audna like etter krigen (Dolmen & Kleiven 2004). Det same har skjedd i mange andre vassdrag på Sørlandet. Både empirisk og eksperimentelt er det vist at surt vatn har negativ innverknad på vekst og overlevnad hjå elvemuslingen (Carell *et al.* 1995; Henrikson 1996). Når pH ligg i intervallet 5,0-5,5 eller under det over lengre tid, kan ikkje elvemuslingen tåle forsuringa. I Sachsen i Tyskland fann såleis Jungbluth & Lehmann (1976) at lågaste pH-verdien der dei fann elvemusling var 5,1. Heming *et al.* (1988) meinte at kritisk pH-nivå for arten var om lag 5,25, eller enda høgare (jf. Moog *et al.* 1993).

Før kalking låg pH i Audna på litt over 5,0 (Saksgård & Schartau 2006; jf. **Figur 2**). Audna har vore kalka med doserar ved Stedjan og Tryland frå 1985. Stedjan ligg like ovanfor Ytre Øydnavatn og Tryland ovanfor Vigmostad (**Figur 1**).

Etter at kalkinga kom i gang ved dei to anlegga, har vasskjemien endra seg markert i positiv retning (Saksgård & Schartau 2006; jf. **Figur 2**). Før 1985 låg gjennomsnittleg pH på 5,2 ved Melhusfossen, som ligg vel fem km nord for Vigeland. Frå 1987 og fram til 1998 låg pH stabilt høgare enn 6,2 gjennom store delar av året. pH og andre vasskjemiske parametrar viste noko større variasjon i tidsrommet 1998-2001, men med meir stabile tilhøve att dei siste åra. To pH-fall under 5,5 skjedde tidleg i 2000 og på haustparten i 2001.

Oppstrøms elvekalkinga ved Stedjan har pH stort sett svinga mellom 5,0 og 5,5 frå målingane tok til i 1985 fram til 1995 (Saksgård & Schartau 2006; jf. **Figur 2**). Etter 1995 har dei høgaste verdiane heva seg til godt over 6,0 og det er ikkje registrert pH-verdiar under 5,0. Årsgjennomsnittet for 1985-1991 var 5,0, i 1996-2001 var det 5,5 og dei siste åra låg det på 5,7. Den vesentlegaste årsaken til den forbetra vasskjemien ovanfor Stedjan skuldast at det generelt sett har skjedd ein markant positiv vasskjemisk endring i forsura vassdrag (jf. Skjelkvåle *et al.* 2001).

Alle dei fire stasjonane med utsett elvemusling ligg i den kalka delen av Audna (jf. **Figur 1**).



Figur 2. Målinger av pH i Audna overfor kalkingsanlegget ved Stedjan og ved Melhusfossen på kalka elvestrekning vel fem km nord for Vigeland i tidsrommet 1985-2006. Pila viser tidspunktet for oppstart av elvekalkinga (Etter Saksgård & Schartau 2006).

2.4 Elvemuslingar utsett i Audna

Den 26.09.1991 vart det sett ut elvemuslingar på fire stasjonar i Audna (Dolmen & Kleiven 1993; **Figur 1**). Til saman vart det sett ut 250 elvemuslingar, og 200 av dei var individuelt merka med nummer inngravert i skalet (jf. kap. 3).

Ein stor flaum 1.12.1992 førde vekk mesteparten av muslingane på tre av stasjonane (Kleiven & Dolmen 2002; Ole Erik Larsen, pers. medd.). Ein del av desse muslingane hamna truleg i djupe kulp, andre vart nedøyrd av sand og grus og ein del vart kanskje førde heilt ut i brakkvassområdet ved Snig (jf. **Figur 1**).

2.5 Stasjonsomtale

Elvemuslingane vart utplasserte på fire utvalde stasjonar (**Figur 1**) med ulike biotopar med omsyn til straum, substrat og vegetasjon.

På stasjon 1, som er den nedste av stasjonane, går elva i varierende stryk på nedsida av ein langstrakt kulp. Substratet er sand, grus og rund, knyttnevestor stein. Substratet har vist seg ustabil ved stor vassføring, og under den nemnde flaumen i desember 1992 vart mesteparten av muslingane førde vekk. Det er ingen vegetasjon i elvefaret, og stasjonen er eksponert for solinnstråling.

Stasjon 2 har jamn lineær straum over heile elvebreidda. Det er varierende innslag av sand, grus og stein. Elva er ganske grunn på stasjonen. Det er stabilt substrat med varierende vegetasjon på botnen. Det synest likevel i ettertid som om lokaliteten har for sterk straum, og også her førde 1992-flaumen bort storparten av dei utsette elvemuslingane. Stasjonen er relativt godt eksponert for solinnstråling.

Stasjon 3 har varierende straumtilhøve med innslag av mindre kulp. Elvebotnen med sand, grus og stein synest relativt stabil. Også her vart storparten av elvemuslingane sannsynlegvis førde vekk. Dei utsette muslingane som finst att her er godt verna ved at dei har etablert seg i tilknytning til ein stor stein, og står i le for stor vassføring. Det er ei grop ved steinen så muslingane står dessutan godt verna mot lita vassføring. Det er lite eller ingen vegetasjon på elvebotnen ved stasjonen. Med ei noko rolegare sidegrein blir elvefaret ganske breitt, og stasjonen er godt eksponert for solinnstråling.

Stasjon 4 skil seg ut frå dei tre andre stasjonane ved at elva går frå eit stille parti over i eit smalt, ganske sterkt stryk før det blir eit stillare område på nedsida. Det er stabile botntilhøve med grov stein mot den austre elvebreidda, og ei renne med sandflekke, grus og stor stein mot den vestre elvebreidda. Steinane på botnen er ganske godt dekt med mose. Det som elles skil stasjon 4 frå dei andre stasjonane er at det er mindre solinnstråling der.

3. Metodikk

Elvemuslingane som vart utsette i Audna 26.09.1991 vart henta i Ulsetelva, Tingvoll på Nordmøre den 25.09.1991 (Dolmen & Kleiven 1993). Både fisk og elvemuslingar frå elva vart veterinærkontrollerte og godkjente før overføring til Audna. Elvemuslingane vart transporterte med bil til Audna i to store plastdunkar.

Før elvemuslingane vart sette ut vart lengda på dei målt med skyvelære til nærmaste 1/10 mm (Dolmen & Kleiven 1993). Lengdemåla er tatt på den største avstanden i lengderetninga. Vidare vart det inngravert nummer på 200 av dei 250 muslingane. Inngravinga skjedde med ein liten elektrisk drill. På kvar av dei fire stasjonane vart det utsett 50 merka muslingar og dei resterande 50 umerka muslingane vart utsette på stasjon 4.

Elvemuslingane som vart utsette i 1991 er tidlegare opptalt i 1992, 1993 og 1994 og nærmare registrert i 1996, 1999, 2001 (Kleiven & Dolmen 2002) og i 2007. I 1996 vart muslingane talt opp og lengdemålt på alle fire stasjonane. Registreringane i 1999, 2001 og 2007 vart gjort berre på stasjon 3 og 4, fordi så mange av muslingane på dei to andre stasjonane forsvann med den tidlegare nemnde storflaumen i desember 1992.

Under registreringane frå og med 1996 er elvemuslingane henta opp frå elvebotnen gjennom snorkling og plukking med hendene. Elvemuslingane som vart funne, vart lagra i bøtter med vatn inntil registrering og måling vart gjennomført, dvs. etter maksimum ca. ein halv time. Frå 1999 er tjukk-leiken på muslingane delvis målt. Utvalet av elvemuslingar for dei fire stasjonane vart gjort tilfeldig.

Overleving av elvemuslingane er rekna som gjenfunn på dei ulike stasjonane. Avhengig av gjenfunn kan såleis registrert overleving variere noko opp eller ned alt etter kor mange elvemuslingar som er gjenfunne kvar gong.

Spesifikk vekstrate ($SGR\% = 100 \cdot \ln(V2-V1)/\#sesongar$) er utrekna for stasjon 3 og 4 for vekstsesongane 1991-2007. (Forklaring på forkortingar: \ln = lengde, $V2$ = elvemuslingar i 1991, $V1$ = elvemuslingar i 2007 og $\#$ = antal).

Unge elvemuslingar har som kjent eit parasittstadium som glochidielarver på gjellene til laksefisk. For å finne ut om det kunne vera reproduksjon på gang i Audna, er gjeller av aure og laks frå 1996, 1999, 2001 og 2007 undersøkte for glochidielarver. Fiskemateriale frå november 1996 og september 1999 var innsamla av LFI-Unifob, Universitetet i Bergen i samband med overvakinga av kalkingsaktiviteten i vassdraget. Innsamlinga av fisk i 2001 og 2007 vart gjort av NIVA. Til elfisket da vart det brukt eit elektrisk fiskeapparat av type Paulsen FA 4. Innsamlinga i 2001 skjedde den 26.09. og i 2007 den 17.04. Fiskegjellene både av laks og aure vart undersøkte under sterolupe.

På eit utval av laks og aure frå elfisket 17.04.2007 vart det tatt gjelleprøver for analyse av aluminium (Al) og jern (Fe). Analyseresultata er i $\mu\text{g Al/g turrvekt (tv)}$ gjelle. Gjellene er analyserte ved Universitetet for miljø og biovitenskap (UMB) på Ås.

4. Resultat og diskusjon

4.1 Registreringar av elvemuslingar

4.1.1 Registreringar i 1991

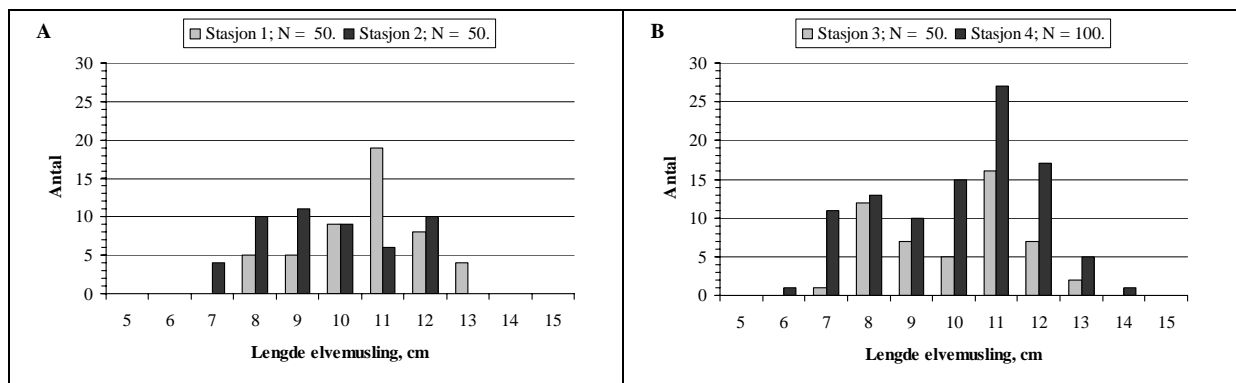
Da elvemuslingane vart utsette i 1991 vart som omtala 200 av dei 250 merka med inngraving av nummer i skalet (Dolmen & Kleiven 1993). Gjennomsnittet av dei merka muslingane varierte frå 10,18 cm (SD = 1,55) på stasjon 2 til 11,64 cm (SD = 1,26) på stasjon 4 (**Tabell 1**). Den minste registrerte elvemuslingen som var merka var 7,41 cm lang og han vart utsett på stasjon 2. Den største merka muslingen som vart registrert var 14,12 cm og han vart utsett på stasjon 4.

Dei umerka elvemuslingane som vart utsette på stasjon 4 var i gjennomsnitt 9,55 cm lange (SD = 1,61) (**Tabell 1**). Den minste umerka elvemuslingen var 6,55 cm lang og den største var 13,17 cm lang. Gjennomsnittet for merka og umerka elvemuslingar på stasjon 4 var 10,60 cm (SD = 1,78).

Tabell 1. Opplysningar om elvemuslingane som vart utsett i Audna 26.09.1991.

Stasjon	Gjennomsnittleg lengde, cm	Standardavvik (SD)	Minste musling, cm	Største musling, cm
Stasjon 1	11,23	1,37	8,43	13,66
Stasjon 2	10,18	1,55	7,41	12,88
Stasjon 3	10,57	1,53	7,71	13,47
Stasjon 4 merka	11,64	1,26	7,93	14,12
Stasjon 4 umerka	9,55	1,61	6,55	13,17
Stasjon 4 samla	10,60	1,78	6,55	14,12

Lengdefordelinga for elvemuslingane som vart utsette i 1991 framgår av **Figur 3AB**. Dei viser at med unntak av stasjon 2, så var det flest elvemuslingar som tilhørte lengdegruppe 11 cm.



Figur 3. Lengdefordeling for elvemuslingar registrert ved utsetjing i Audna den 26.09.1991, stasjonane 1-2 (A) og stasjonane 3-4 (B). For stasjon 4 inngår både umerka og merka elvemuslingar.

4.1.2 Opptellingar gjort 1992-1994

Det var som tidlegare nemnt ein stor flaum i Audna 1.12.1992 (Kleiven & Dolmen 2002; Ole Erik Larsen, pers. medd.). Både før og etter det tidspunktet såg Ole Erik Larsen etter elvemuslingane der dei vart utsette. Her er noko av det han har observert:

Udatert orientering: Under storflaumen like før jul var det store masseforflytningar i elva. Mykje lakse- og sjøaurerogn vart truleg øydelagt, for det la seg mykje fin sand oppå grusen.

Stasjon 3: To av muslingane var komne opp på toppen av ein grushaug. Det var nr. 115 og 139, som naturlegvis var døde.

31.05.1992 (Brev av 1.06.1992): Sjekka stasjonane 1, 2 og 3. Elva var da nede på eit svært lågt nivå. På stasjon 1 flytta han 10 elvemuslingar som låg i for grunt vatn og for nær land.

04.06.1993 (Brev av 4.06.1993): Stasjon 3. Fann ein elvemusling som var komen på land under flaumen i fjor. Den låg ca. 50 m nedanfor der han var utsett. Merka med nr. 112.

02.07.1993 (Brev av 15.07.1993): Stasjon 1. Observerte ca. 20 levande elvemuslingar (**Tabell 2**). Flaumen i fjor haust har kanskje flytta på nokre muslingar. Fann ein som var knust. Det er nok fare for at fleire muslingar er tatt av mennesker, fordi det vart etablert badeplass i nærleiken etter endringar av elva som flaumen hadde skapt.

Stasjon 2. Fann 26 levande elvemuslingar (**Tabell 2**). Flaumen har nok flytta ein del av dei nedover.

Stasjon 3. Fann berre 12-14 levande elvemuslingar (**Tabell 2**). Flaumen i fjor hadde flytta på mykje masser. Har tidlegare funne tre døde muslingar som låg på land.

Stasjon 4. Observerte ganske mange, men vart forhindra frå å sjekke nærmare. Tok opp ein umerka som var død.

I tillegg til observasjonar og opptellingar som Ole Erik Larsen (pers. medd.) har gjort, har vi gjort opptelling av elvemuslingane 11.08.1992 og 6.07.1994. Opptellingane framgår av **Tabell 2**.

Tabell 2. Oversikt over opptellingar gjort på utsette elvemuslingar i Audna i tidsrommet 1992-1994 (Dolmen og Kleiven 1995, 1996). Observasjonane i 1993 er gjorde av Ole Erik Larsen (pers. medd.).

Stasjon	Antal utsett 1991	Opptelling 1992	(Observert 1993)	Opptelling 1994
1	50	17	20	11
2	50	24	26	25
3	50	17	12-14	8
4	50+50	68	-	36+43

4.1.3 Utslepp av Pax-14 i juli 1996

Ved Konsmo Renseanlegg skjedde det eit ukontrollert utslepp av Pax-14 den 18.07.1996 (Barlaup m.fl. 1997). Stoffet inneheld konsentrert syre og aluminium og er difor giftig for fisk. Det vart observert død og halvdød fisk på strekninga frå Konsmo ned til Tryland, ei strekning på ca. 8 km. Registreringar gjort i etterkant viste at det var signifikant reduksjon av fisketettheit på ei 6,5 km lang strekning nedanfor Konsmo. Også mykje ål døde på grunn av utsleppet (Ole Erik Larsen, pers. medd. i brev av 15.08.1996). Dette kunne ha hatt følgjer for muslingane på st. 1 og 2. Larsen sjekka stasjon 2 og 3 den 22.07, men fann ingen døde elvemuslingar da.

4.1.4 Registreringar i 1996

Den 30.07.1996 undersøkte vi dei fire stasjonane i Audna der det var utsett elvemuslingar i 1991. Det var lita vassføring under registreringa.

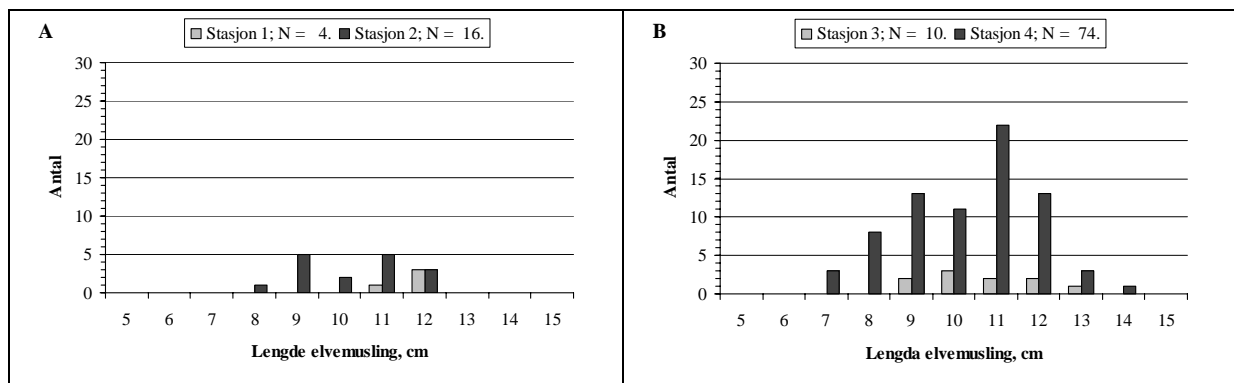
Stasjon 1. I tilknytning til stasjon 1 undersøkte vi 250 m av elva. Av 50 utsette muslingar fann vi att 4 ($m = 12,36$ cm, $SD = 0,71$, var. = $11,34$ - $12,97$ cm) (**Figur 4A**). Ein av muslingane vi fann var på vandring over grusbotn, og det danna seg ei tydeleg stripe i elvegrusen. På 15 minutt observerte vi at han gjekk ca. 10 cm.

Vi fann også ein halvdel av eit gammalt dødt skjell. Det viste seg å vera frå den opphavlege bestanden i Audna, for det var "nummerhalvdelen" vi fann, og den hadde ikkje inngravert nummer.

Den låge gjenfangsten av muslingar skuldast den store flaumen i Audna i desember 1992, som må ha spylt vekk eller øyrt ned mesteparten av muslingane.

Stasjon 2. Her fann vi att 16 av 50 utsette muslingar ($m = 10,68$ cm, $SD = 1,30$, var. = $8,69$ - $12,55$ cm) (**Figur 4A**). Muslingane var svært vanskelege å sjå fordi det var begroing på dei, og dei gjekk mykje i eitt med vegetasjonen og grusen på stasjonen.

Også på denne stasjonen må mange muslingar vera tatt av flaumen. Muslingane må vera førde vekk i og med at substratet ikkje var synleg påverka av flaumen.



Figur 4. Lengdefordeling for elvemuslingar funne på stasjonane 1-2 (A) og 3-4 (B) i Audna den 30.07.1996. For stasjon 4 inngår både umerka og merka elvemuslingar.

Stasjon 3. På denne stasjonen fann vi att 10 av 50 utsette muslingar ($m = 11,22$ cm, $SD = 1,26$, var. $9,5$ - $13,47$ cm) (**Figur 4B**). Ni av desse elvemuslingane var samla på ein plass ved ein stein ute i elva.

Stasjon 4. I alt fann vi att 76 muslingar av 100 utsette muslingar ($m = 10,80$ cm, $SD = 1,58$, var. $7,31$ - $14,11$ cm) (**Figur 4B**). Muslingane stod ganske samla, og ein kunne plukke som ein plukkar poteter. På denne stasjonen fann vi både dei minste og dei største muslingane for alle stasjonane.

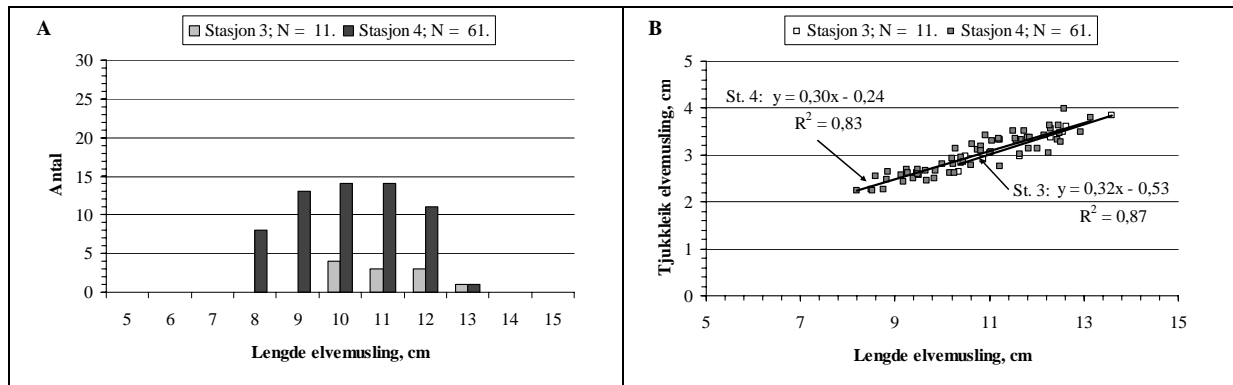
Muslingane stod fint og var godt kamuflerte. Elvemuslingen kan dessutan grave seg ned, slik at dei kan bli oversette. Det var masse småfisk på denne stasjonen da registreringa skjedde.

I det eine døde skjellet på stasjon 4 var det tre svartaktige perler som satt på skjellkanten inni elvemuslingen.

4.1.5 Registreringar i 1999

Registreringane i 1999 vart gjort den 17.09. på lita vassføring.

På stasjon 3 vart det funne 11 elvemuslingar, som fordelte seg med lengder frå $10,36$ til $13,59$ (**Figur 5A**). På stasjon 4 vart det funne 61 elvemuslingar, og dei fordelte seg frå $8,04$ til $13,15$ cm. Det var flest elvemuslingar i lengdegruppe 11 cm. Forholdet mellom lengde og målt tjukkleik på elvemuslingane var ganske likt mellom dei to stasjonane (**Figur 5B**).



Figur 5. Lengdefordeling for elvemuslingar på stasjon 3 og 4 i Audna den 17.09.1999 (A) og forholdet mellom lengde og tjukkeleik for dei same muslingane (B). For stasjon 4 inngår både umerka og merka elvemuslingar.

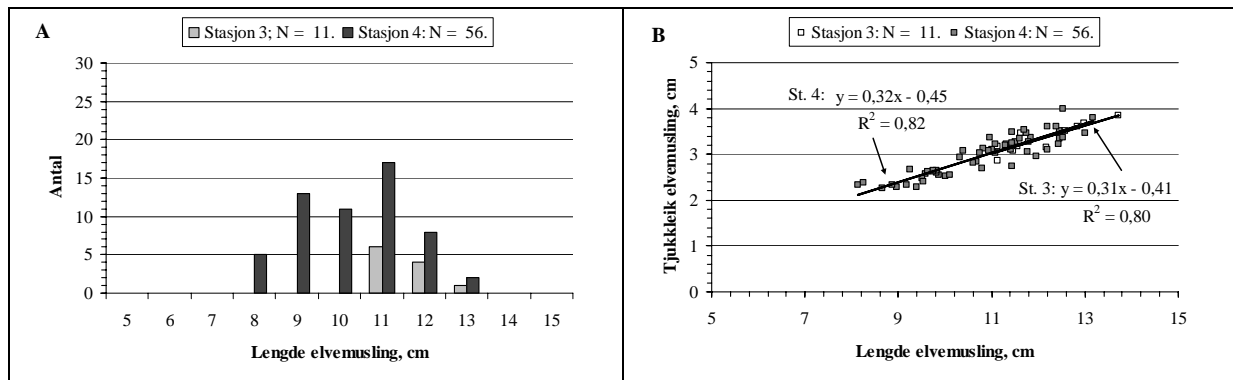
4.1.6 Registreringar i 2001

Registreringane i 2001 vart gjort den 17.08. ved lita vassføring.

På stasjon 3 vart det funne 11 elvemuslingar frå 11,04 til 13,72 cm (**Figur 6A**). Det var flest elvemuslingar i lengdegruppe 11 cm.

På stasjon 4 vart det funne 56 elvemuslingar frå 8,13 til 13,17 cm (**Figur 6A**). På denne stasjonen var det flest elvemuslingar i lengdegruppene 9 og 11 cm. På stasjon 4 vart det også funne tre døde elvemuslingar, som var 11,01, 12,49 og 13,84 cm lange. Dette var sannsynlegvis muslingar av dei som vi hadde sett ut i 1991.

Forholdet mellom lengde og målt tjukkeleik på elvemuslingane var ganske likt mellom dei to stasjonane (**Figur 6B**).



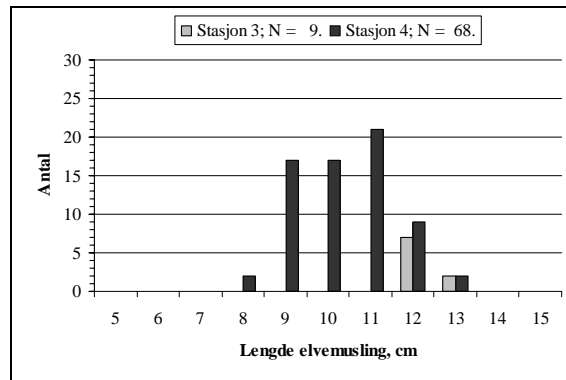
Figur 6. Lengdefordeling for elvemuslingar på stasjon 3 og 4 i Audna den 17.08.2001 (A) og forholdet mellom lengde og tjukkeleik for dei same muslingane (B). Trendlinene i delfigur B fell nesten saman. For stasjon 4 inngår både umerka og merka elvemuslingar.

4.1.7 Registreringar i 2007

I 2007 vart elvemuslingane på stasjon 3 og 4 undersøkt den 27.08.

På stasjon 3 vart det funne 9 elvemuslingar med lengder frå 12,00 til 13,82 cm (**Figur 7**). Det var flest elvemuslingar i lengdegruppe 12 cm.

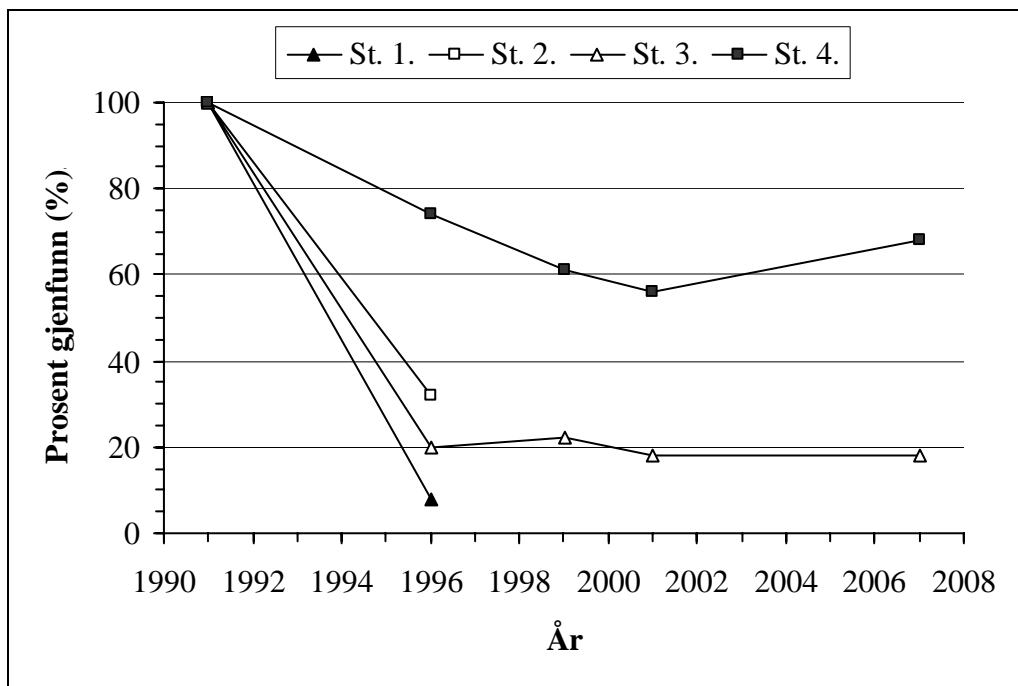
På stasjon 4 vart det funne i alt 68 elvemuslingar som fordelte seg med lengder frå 8,32 til 13,20 cm (**Figur 7**). Det var flest elvemuslingar i lengdegruppe 11 cm.



Figur 7. Lengdefordeling for elvemuslingar på stasjon 3 og 4 i Audna den 27.08.07. For stasjon 4 inngår både umerka og merka elvemuslingar.

4.2 Gjenfunn 1996-2007

Det er som tidlegare nemnt gjort registreringar på den utsette elvemuslingen i Audna i 1996, 1999, 2001 og 2007. Som det framgår av **Figur 8** var det stort sprik i gjenfunnsprosenten i 1996, som varierte frå 8% på stasjon 1 til 74% på stasjon 4. Gjennfunnsprosenten for stasjon 2 og 3 var på 32 og 20%. Den store nedgangen som vart registrert på stasjonane 1-3 tillegg vi den store flaumen i vassdraget 1.12.1992. Registreringar som vart gjort etter ein 100-års flaum i River Kerry i nordvest



Figur 8. Prosentvis gjenfunn av den utsette elvemuslingen i Audna i 1996, 1999, 2001 og 2007. For stasjon 4 inngår både umerka og merka elvemuslingar.

Skottland estimerte eit tap på 4-8% av bestanden av elvemusling i elva (Hastie *et al.* 2001). Avgangen av elvemuslingar var ulik innan elva, med minst tap i område med substrat dominert av rullestein med sand og grus innimellom. Dei mest stabile tilhøva der kan truleg mest samanliknast med stasjon 4 i Audna. Også Vannote & Minshall (1982) (jf. Hastie *et al.* 2001; Skinner *et al.* 2003) poengterer at typisk substrat for elvemuslingen er mindre område med sand, stabilisert mellom større steinar og rullesteinar i elver med god straum. I lågareliggjande område er det viktig med eit terreng som gjev eit miljø med siltfritt substrat og med gode oksygenforhold.

Under storflaumar som den i River Kerry vil nedgravne unge elvemuslingar kunne vera betre verna mot å bli spylt vekk enn meir eksponerte, vaksne muslingar (Hastie *et al.* 2001). I Audna derimot var det ingen småmuslingar blant dei 250 individa som vart utsette i 1991. Den minste elvemuslingen var som nemnt 6,55 cm (jf. **Tabell 1**).

Etter 1996 er det som omtala før gjort registreringar berre på stasjon 3 og 4. For stasjon 3 har det vore ein svært jamn gjenfunnsprosent etter 1996 (**Figur 8**). På stasjon 4 var det ein liten nedgang i gjenfunn frå 1999-2001 i høve til 1996, men det var ein liten oppgang i 2007. På grunnlag av dei stabile gjenfunnsprosentane på stasjonane 3 og 4 frå 1996 til 2007, kan ein slå fast at under normale tilhøve i vassdraget ville svært få individ dødd av dei utsette elvemuslingane.

Dei utsette elvemuslingane i Audna var nok såleis meir sårbare for store flaumar av minst to årsaker: dei var ikkje etablerte på plassar i vassdraget som dei sjølve hadde preferert, og det var utsett berre større individ som er meir eksponert for store vassføringar.

4.2.1 Overleving av umerka og merka elvemuslingar

Overlevinga av elvemuslingane er som nemnt definert som gjenfunn av muslingar (jf. kap. 3). I og med at gjenfunn av elvemuslingar kan variere noko (jf. større gjenfunn på st. 4 i 2007 enn i 2001) vil ein ikkje få nokon eksakt overlevingsprosent.

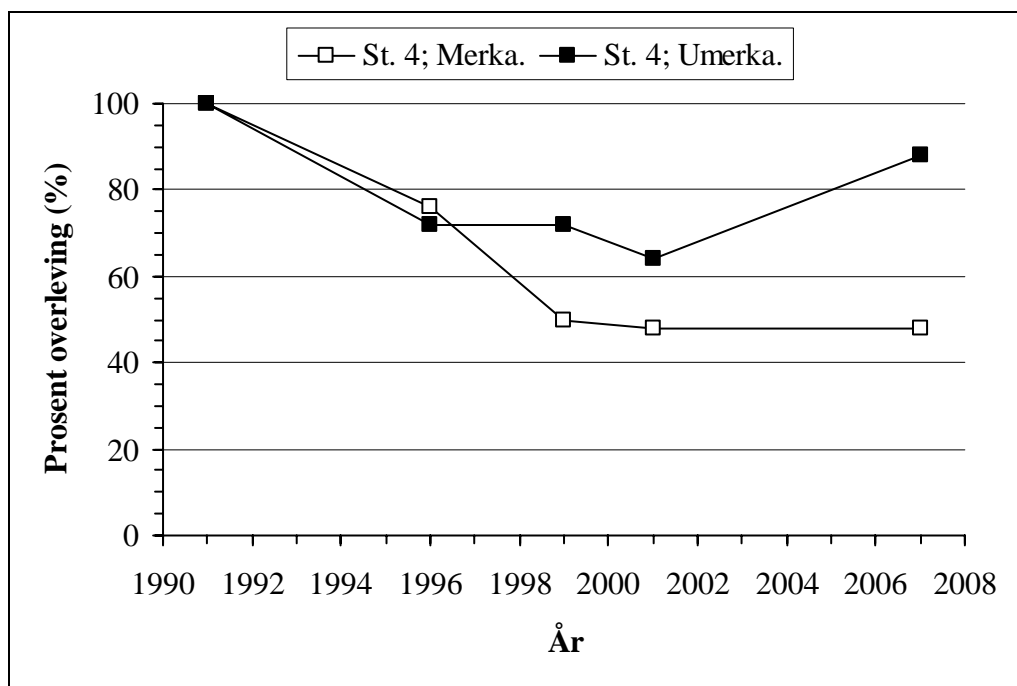
Ved registreringane frå 1996 til 2007 er det funne fem døde elvemuslingar på stasjon 4, to i 1996 og tre i 2001. Ein av dei to elvemuslingane frå 1996 var merka og to av dei tre frå 2001. Talmaterialet er svært lite, og gjev ikkje mykje informasjon. Derimot kan gjenfunna på stasjon 4 fortelja litt om korleis dei merka elvemuslingane har klart seg. I 1996 var det gjenfunn av 36 umerka og 38 merka, altså ein gjenfunnsprosent på 72 og 76% (**Figur 9**). Etter fem år var det såleis svært liten skilnad på gjenfunn av umerka og merka elvemuslingar. Ein må såleis rekne med ei ganske lik overleving for dei to gruppene i det nemnde tidsrommet.

For umerka elvemuslingar vart det ikkje registrert endring i gjenfunnsprosenten frå 1996 til 1999 (**Figur 9**). Frå 1999 til 2001 var det ein nedgang frå 72% til 64% i registrert gjenfangst, men ein oppgang til 88% att i 2007. For merka elvemuslingar gjekk gjenfunnsprosenten merkbar ned frå 1996 til 1999, frå 76% til 50%. Etter 1999 har gjenfunna vore stabile på 48%.

Det kan såleis synast som om at merka elvemuslingar over lang tid kan ha ein markert større avgang og dermed dårlegare overleving enn dei umerka. Det kunne tyde på at inngravinga av nummer i skalet kan ha hatt ein negativ konsekvens for dei merka elvemuslingane. Det som modererer dette inntrykket er at dei merka elvemuslingane var større enn dei umerka da dei vart utsette i Audna i 1991. Gjennomsnittslengda for umerka muslingar i 1991 var 9,55 cm mot 11,64 cm for dei merka (jf. **Tabell 1**). I 1991 var såleis dei merka elvemuslingane 2,09 cm lenger enn dei umerka. I 2007 var dei merka elvemuslingane i gjennomsnitt 11,59 cm lange (SD = 0,92) mot 10,37 cm (SD = 1,05) for dei umerka. Skilnaden mellom dei to gruppene i 2007 var såleis redusert til 1,2 cm. Merka muslingar på stasjon 4 var omtrent like lange i 1991 som i 2007. Mange av dei største individa av dei merka muslingane, og dermed dei eldste individa, hadde såleis dødd (jf. **Figur 13** og **Figur 14**). Med tilnærma like gjennomsnittslengder på umerka og merka elvemuslingar i 1991, ville det truleg vore ein mindre forskjell i gjenfunnsprosenten mellom dei to gruppene enn det resultatet i **Figur 9** viser. Eksakt overlevingsprosent for like store umerka og merka elvemuslingar kan ein såleis ikkje fastslå ut ifrå det aktuelle materialet.

I levedyktige populasjonar av elvemusling er det rekna med ein mortalitet på vaksne individ på 10% pr. tiår (Bauer 1983, 1986, 1992; jf. Skinner *et al.* 2003). Avgangen i Audna var mykje større,

men det er vanskeleg med nokor samanlikning pga. at det for Audna gjeld utsette, større og berre eldre individ.

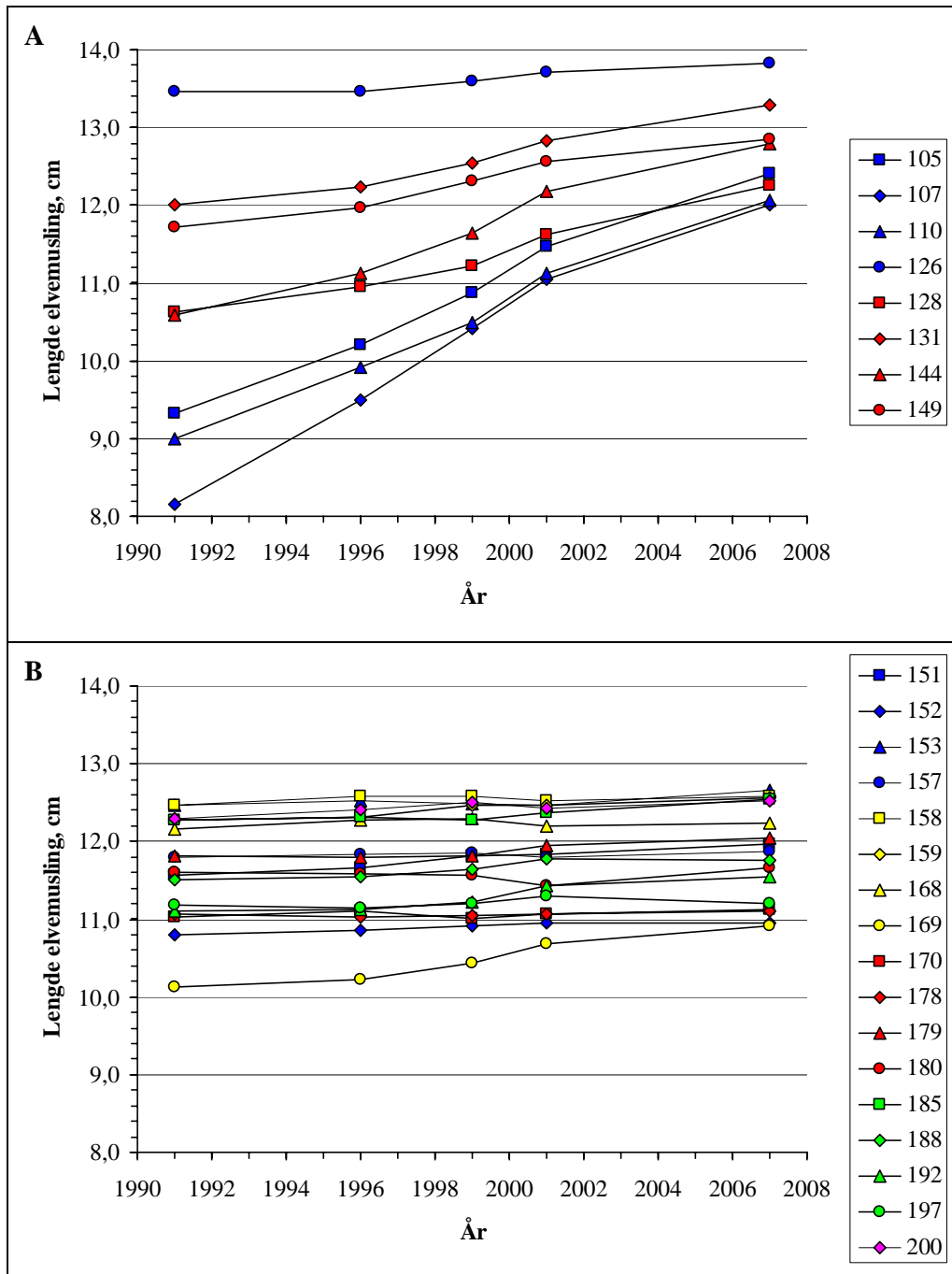


Figur 9. Samanlikning av overlevingsprosent for merka og umerka elvemuslingar på stasjon 4.

4.3 Tilvekst på elvemuslingar

Med individmerka elvemuslingar kan ein måle tilveksten på enkeltmuslingane. Frå 1996 til 2007 har vi tilveksten på 8 elvemuslingar på stasjon 3 og 17 på stasjon 4. På grunnlag av desse registreringane er det sett opp vekstkurvar for elvemuslingar på desse to stasjonane (**Figur 10A,B**).

Vekstkurven for stasjon 3 viser, at det er dei minste elvemuslingane som har hatt den beste veksten (**Figur 10A**). Den minste muslingen i 1991 (nr. 107) var 8,16 cm lang (**Tabell 3**). I 2007 var den same elvemuslingen 12,0 cm lang. Tilveksten på denne raskastveksande elvemuslingen hadde såleis vore 3,84 cm på 16 år, eller 0,24 cm pr. år. Tilveksten på den største elvemuslingen (nr. 126) som vart utsett på denne stasjonen i 1991, var berre 0,35 cm på 16 år, eller 0,02 cm pr. år. Gjennomsnittleg tilvekst for alle elvemuslingane på stasjon 3 frå 1991 til 2007 var 2,07 cm (SD = 1,18), noko som tilsvarar 0,13 cm (1,3 mm) pr. år.



Figur 10. Tilvekst for enkeltindivid av den utsette elvemuslingen på stasjon 3 (N =8) (A) og stasjon 4 (N = 17) (B) i Audna. Tala til høgre i figuren er nummer på enkeltindivid.

Vekstkurven for elvemuslingane på stasjon 4 viser eit heilt anna vekstmønster enn på stasjon 3 (**Figur 10B**). Den raskare veksten hjå dei minste elvemuslingane (jf. resultatet for stasjon 3) framtrer tydeleg berre for ein musling her (nr. 169) (**Tabell 4**). I 1991 var denne minste muslingen 10,12 cm lang. I 2007 var den same elvemuslingen 10,91 cm lang. Tilveksten på denne raskastveksande elvemuslingen på stasjon 4 hadde såleis vore 0,79 cm på 16 år, eller 0,05 cm pr. år. Det var to like lange elvemuslingar som var størst, med ei lengde på 12,47 cm (nr. 153 og 158) i 1991. Tilveksten på den fyrste var berre 0,19 cm på 16 år og på den andre 0,11 cm, eller 0,01 og 0,007 cm pr. år. Den

elvemuslingen som likevel hadde hatt dårlegast vekst var ein elvemusling på 11,2 cm (nr. 197) som er registrert med ein tilvekst på 0,01 cm på 16 år, som er godt innanfor målefeilen. Gjennomsnittleg tilvekst for alle elvemuslingane på stasjon 4 frå 1991 til 2007 var 0,22 cm (SD = 0,19), noko som tilsvarar 0,01 cm (0,1 mm) pr. år.

Tabell 3. Tilvekstdata på utsette elvemuslingar på stasjon 3.

År	Nr. 105	Nr. 107	Nr. 110	Nr. 126	Nr. 128	Nr. 131	Nr. 144	Nr. 149
1991	9,33	8,16	8,99	13,47	10,62	12	10,59	11,72
1996	10,2	9,5	9,92	13,47	10,95	12,24	11,13	11,97
1999	10,88	10,41	10,5	13,59	11,23	12,55	11,65	12,31
2001	11,47	11,04	11,12	13,72	11,62	12,83	12,17	12,57
2007	12,4	12	12,06	13,82	12,26	13,29	12,79	12,85
Tilvekst, cm	3,07	3,84	3,07	0,35	1,64	1,29	2,2	1,13
Antal år	16	16	16	16	16	16	16	16
Tilvekst pr. år, cm	0,192	0,24	0,192	0,022	0,103	0,081	0,138	0,071

Tabell 4. Tilvekstdata på utsette elvemuslingar på stasjon 4.

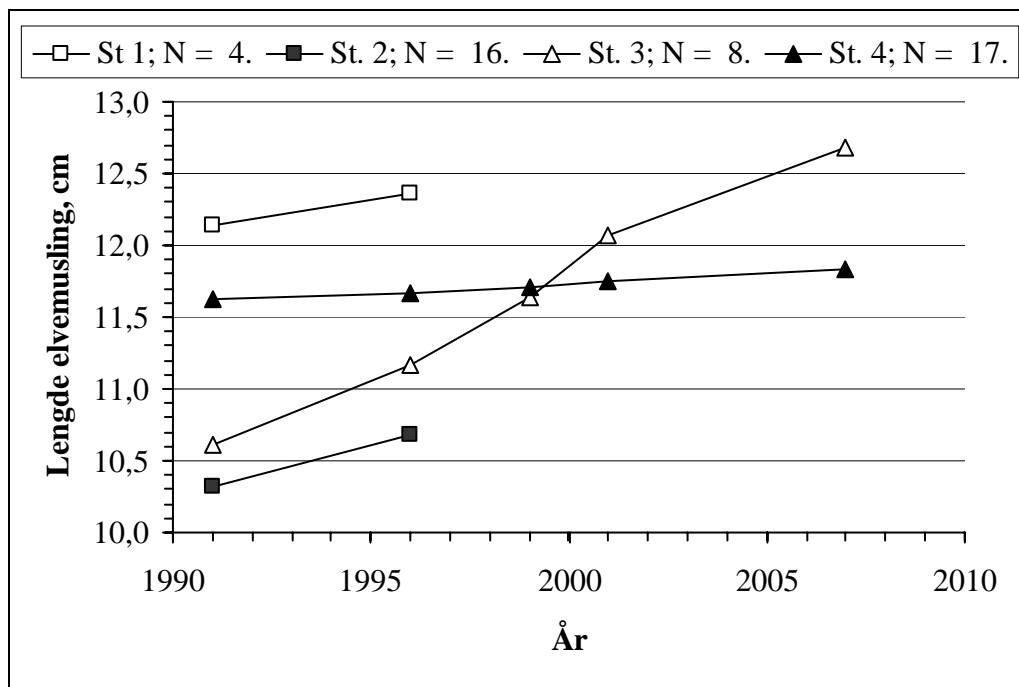
År	Nr. 151	Nr. 152	Nr. 153	Nr. 157	Nr. 158	Nr. 159	Nr. 168	Nr. 169	Nr. 170
1991	11,57	10,79	12,47	11,8	12,47	12,28	12,16	10,12	11,02
1996	11,67	10,86	12,52	11,84	12,59	12,31	12,27	10,22	11,1
1999	11,81	10,91	12,48	11,85	12,58	12,46	12,3	10,44	11,01
2001	11,83	10,96	12,47	11,8	12,52	12,47	12,2	10,68	11,07
2007	11,97	10,96	12,66	11,87	12,58	12,56	12,24	10,91	11,13
Tilvekst, cm	0,4	0,17	0,19	0,07	0,11	0,28	0,08	0,79	0,11
Antal år	16	16	16	16	16	16	16	16	16
Tilvekst pr. år, cm	0,025	0,011	0,012	0,004	0,007	0,018	0,005	0,049	0,007

Tabell 4 forts.

År	Nr. 178	Nr. 179	Nr. 180	Nr. 185	Nr. 188	Nr. 192	Nr. 197	Nr. 200
1991	11,06	11,81	11,6	12,27	11,51	11,1	11,19	12,3
1996	11,03	11,8	11,58	12,32	11,54	11,12	11,15	12,41
1999	11,05	11,82	11,56	12,27	11,65	11,22	11,2	12,5
2001	11,07	11,95	11,44	12,38	11,78	11,44	11,3	12,43
2007	11,13	12,04	11,66	12,54	11,76	11,54	11,2	12,53
Tilvekst, cm	0,07	0,23	0,06	0,27	0,25	0,44	0,01	0,23
Antal år	16	16	16	16	16	16	16	16
Tilvekst pr. år, cm	0,004	0,014	0,004	0,017	0,016	0,028	-	0,014

Gjennomsnittleg tilvekst for elvemuslingen er framstilt i **Figur 11**. Gjennomsnittet er rekna ut på dei same merka muslingane som ein har funne att ved kvar registrering. Tilveksten på desse elvemuslingane var ganske lik på stasjon 1-3 i tidsrommet 1991 til 1996. Tilveksten på stasjon 4 var markert mindre. Frå 1996, med data berre frå stasjon 3 og 4, skilte stasjon 3 seg klart ut med atskillig betre vekst enn på stasjon 4. I 1991 var elvemuslingane 10,1 mm mindre på stasjon 3 i høve til dei på stasjon 4. I 1999 kom gjennomsnittet av elvemuslingane på stasjon 3 opp på nivået for stasjon 4. I 2007 var elvemuslingane på stasjon 3 i gjennomsnitt 8,4 mm lengre enn dei på stasjon 4.

Spesifikk vekstrate per vekstsesong for elvemuslingen er rekna ut til vera 12,9% for stasjon 3 og 1,4% for stasjon 4.



Figur 11. Gjennomsnittlege lengder i cm for utsette elvemuslingar i Audna. Elvemuslingar på fire stasjonar er registrerte i tidsrommet 1991-1996 og på to stasjonar i tidsrommet 1999-2007. Dei gjennomsnittlege lengdene er basert på merka elvemuslingar.

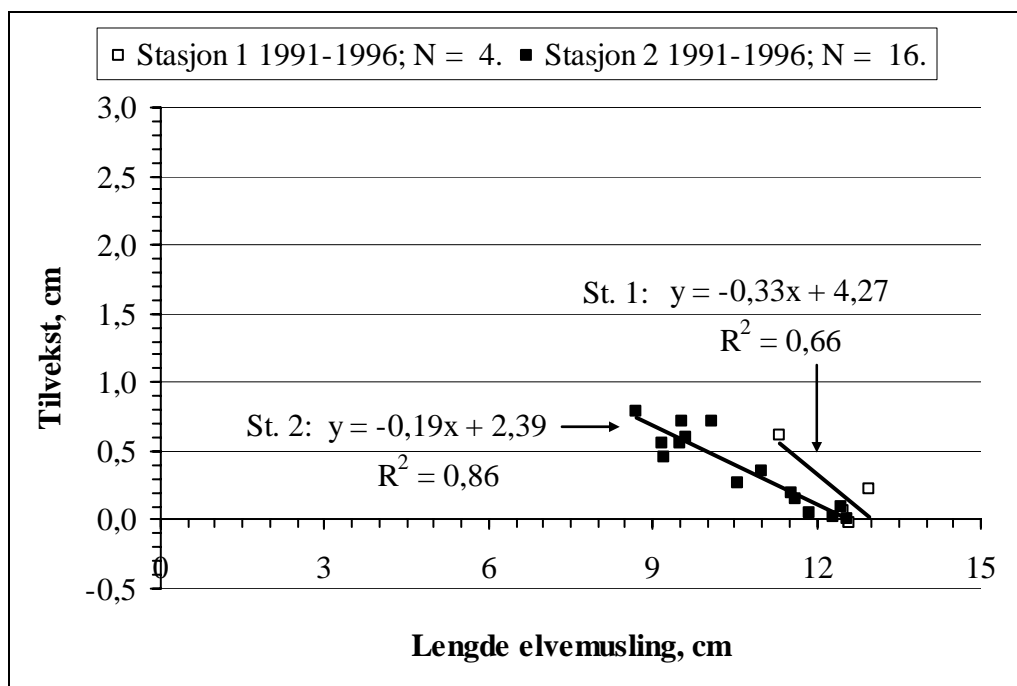
Tilveksten på enkeltmuslingar på stasjon 1 og 2 frå 1991 til 1996 er vist i **Figur 12**. Det ser her ut til at veksten var betre på stasjon 1 i høve til stasjon 2, men materialet er svært lite for stasjon 1 med berre fire muslingar.

Tilveksten på enkeltmuslingar på stasjon 3 og 4 i frå 1991 til 1996 er vist i **Figur 13**. Det var markert forskjell på tilveksten mellom stasjon 3 og 4 når det gjeld muslingar opp til om lag 11 cm. For større muslingar var det mindre forskjellar i tilveksten.

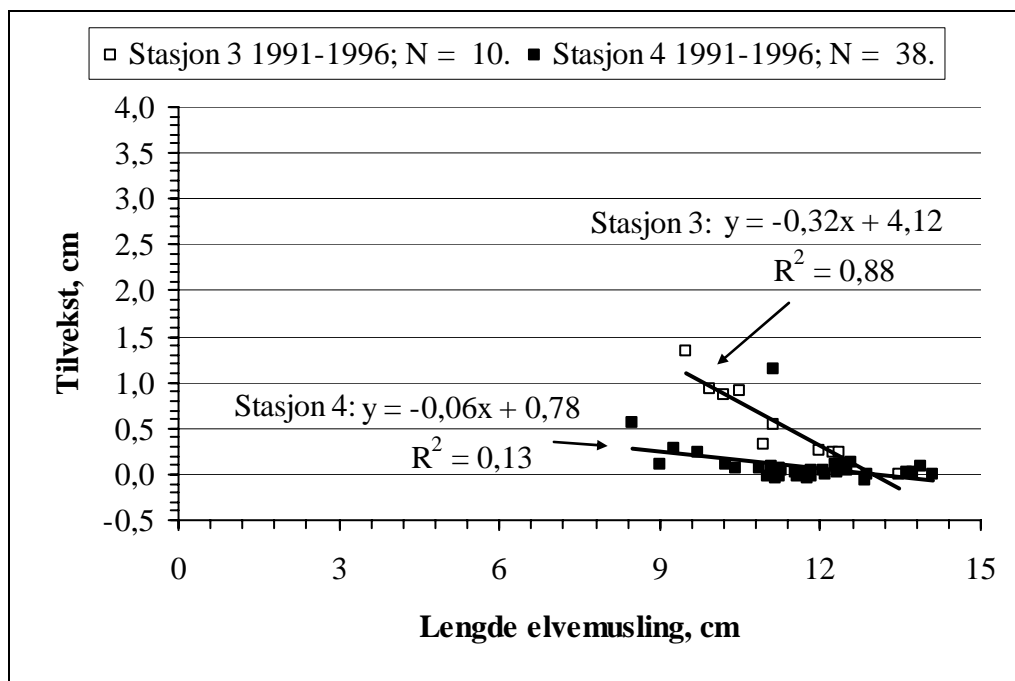
Det er også sett på tilveksten for enkeltmuslingar på stasjon 3 og 4 i tidsrommet 1991 til 2007 (**Figur 14**). Den viser aukande forskjellar mellom dei to stasjonane med svært markert tilvekst på elvemuslingane på stasjon 3 i høve til stasjon 4. Særleg har veksten vore god for dei minste individa. Såleis har tre individ på stasjon 3 hatt ein tilvekst på over 3,0 cm frå 1991-2007. For dei tre muslingane utgjer det 0,22 cm pr. år. På stasjon 4 har storparten av muslingane hatt ein tilvekst på under 1 cm i tidsrommet 1991-2007.

Tilveksten på elvemuslingane i Audna viser seg dessutan å vera størst på dei minste (og normalt yngste) muslingane (jf. **Figur 10A**). Fram til 20-årsalderen kan årleg tilvekst vera opptil 11 mm, men når dyra blir 45-50 år avtek tilveksten til 2 mm (Geiler 1976; jf. Larsen 1997). Ved tilbakerekning av lengde fann Ekman (1905) (jf. Larsen 1997) og Larsen m.fl. (1995) ein årleg tilvekst på mellom 3 til 7 mm frå 5-20-årsalder. Rubbel (1913) (jf. Larsen 1997) viser at veksten avtek i frå eit gjennomsnitt frå 1,2 mm pr. år for 60-70 mm lange muslingar til 0,2 mm pr. år for skjell som er > 100 mm. Største årlege tilvekst var 2,7 mm. Dei registrerte verdiane på tilveksten på den utsette elvemuslingen i Audna samsvarar med det som er funne elles på vaksne elvemuslingar. Ved slike samanlikningar av tilveksten må ein vurdere kvar lokalitetane ligg i høve til kvarandre reint

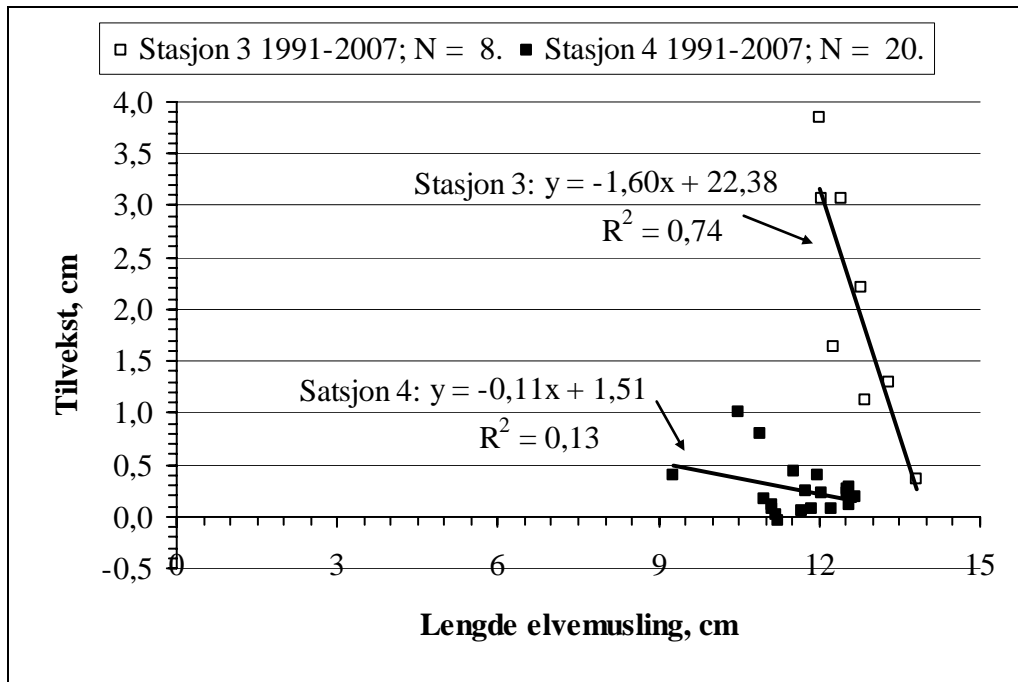
geografisk. Elvemuslingar langt mot nord vil naturleg nok ha ein dårlegare tilvekst enn elvemuslingar på ein sørlegare breiddgrad, som i dei fleste tilfella skuldast høgare temperatur.



Figur 12. Tilvekst for enkeltindivid av utsette elvemuslingar på st. 1 og 2 i 1991 og 1996.



Figur 13. Tilvekst for enkeltindivid av utsette elvemuslingar på st. 3 og 4 i tidsrommet 1991-1996.



Figur 14. Tilvekst for enkeltindivid av utsette elvemuslingar på st. 3 og 4 i tidsrommet 1991-2007.

Avtakande vekst frå om lag 20 års alder er knytt til kjønnsmodninga og produksjon av glochidielarver hjå elvemuslingen. Mesteparten av dei utsette elvemuslingane var nok kjønnsmodne da dei vart overførte til Audna i 1991.

At elvemuslingane har hatt ein dårlegare tilvekst på stasjon 4 kan skuldast ulike faktorar. For det fyrste var det på denne stasjonen at dei største elvemuslingane vart utsette (jf. **Tabell 1** og **Figur 3B**). I tillegg kan stasjon 3 framstå reint miljømessig som gunstigare enn stasjon 4. Det kan særleg vera straumtilhøva som er meir gunstige på stasjon 3 i høve til stasjon 4. På stasjon 4 renn vatnet ganske stridt og samla (jf. kap. 2.5). Det kan gjera det mindre gunstig for elvemuslingen å få tak i mat i og med at vatnet renn fort forbi. På stasjon 3 renn vatnet rolegare forbi muslingane. Dessutan står elvemuslingane der i ei hule i le av ein stein. Det kan medføre at vatnet virvlar rundt slik at tilgangen på mat blir enklare. Stasjon 3 er dessutan meir open med større tilgang av ljøs. Ved eksponerte plassar for solinnstråling kan til tider auke temperaturen noko inn mot steinen som elvemuslingane er samla ved på stasjon 4.

I følgje Moog *et al.* (1993) var det optimale tilhøve for elvemuslingen når det var 60-100% skuggedekning langs elvebreidda. Tilsvarende fann Gittings *et al.* (1998) mest muslingar på grunt vatn i skuggelagde kanalar, som også varierte med om dei rann gjennom åkerland eller skogsmark. Variasjonsbreidda i skuggedekninga var mykje mindre i transektar i kanalar i åkerland (0-30%) samanlikna med skogsmark (0-100%).

Også substrat, vasskvalitet og næringstilgang kan ha innverknad på trivselen og dermed tilveksten på muslingane. Alle desse faktorane vil kunne spela inn i ulik grad på tilveksten til elvemuslingane på dei to stasjonane.

Vekstparametrane til elvemuslingen, som vekstrate, maksimum lengde og alder, er mykje avhengig av ulike miljøfaktorar (Ziuganov *et al.* 1994). Store variasjonar i vekst og storleik er assosiert med vasskjemien (Bjork 1962; Dyk & Dukova 1974; Bauer 1991; Semenova *et al.* 1992; jf. Hastie *et al.* 2000; Bauer 1992). Vassstemperaturen kan også ha ein svært viktig innverknad på tilveksten (Hruska 1992; Semenova *et al.* 1992; jf. Hastie *et al.* 2000; Bauer 1992;). På grunn av desse faktorane og mogleg andre, kan lokale variasjonar i tilveksten bli store (Bauer 1992; Ziuganov *et al.* 1994). Dessutan er det ein underliggjande trend at tilveksten er avhengig av breiddegrad eller høgde

over havet (Hruska 1992; jf. Hastie *et al.* 2000; Bauer 1992). Såleis har nordlege elvemuslingar eit lengre livsløp, men med ein generelt dårlegare tilvekst enn elvemuslingar på sørlegare breiddegrader. Like eins er det med høgde over havet. Denne trenden er sett i samanheng med temperaturen i vatnet, for metabolismen i dyret vil avta med synkande temperatur og dermed vil tilveksten minke.

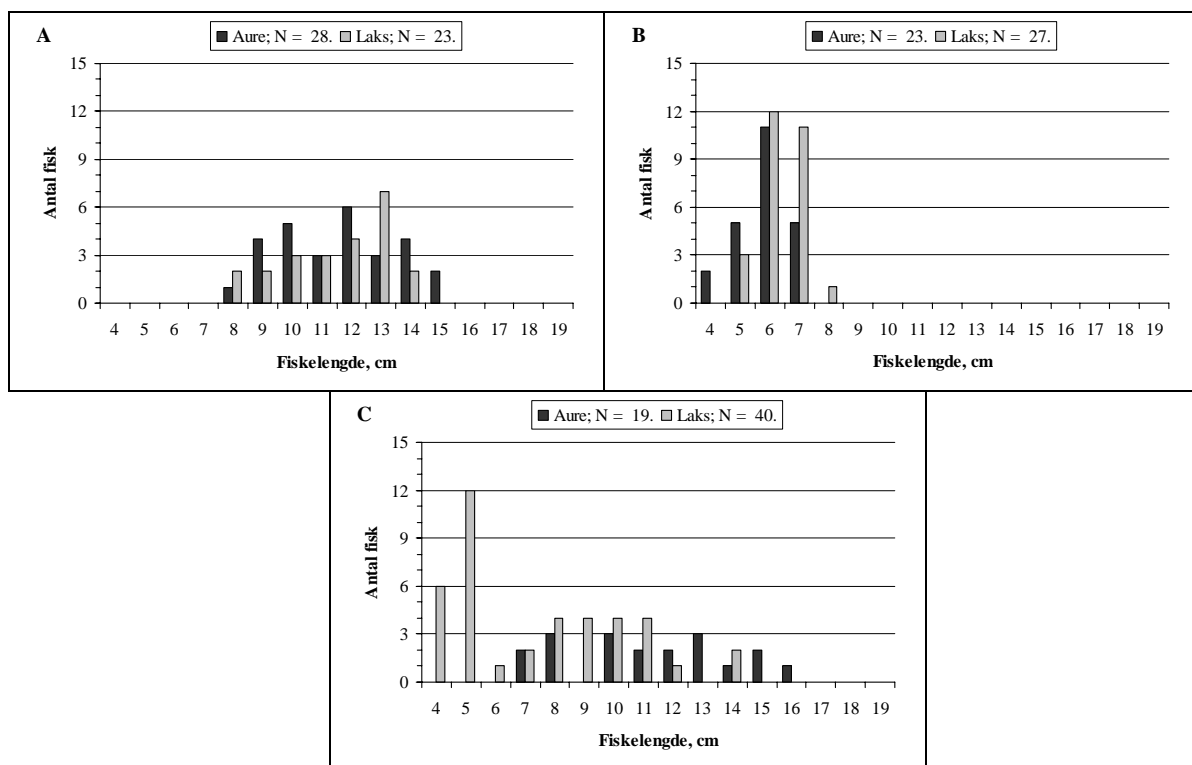
4.4 Fisk undersøkt for glochidielarver

4.4.1 Elfiske i 1996 og 1999

Fisk som vart innsamla i samband med overvakinga av kalkinga i 1996 og 1999 er undersøkt for glochidielarver. Det gjeld fisk fanga i november 1996 og september 1999.

Fisken som vart undersøkt i 1996 var fanga ved Viblemo (**Figur 15A,B**). I den fyrste fangsten (A) var det 28 aure og 23 laks, som fordelte seg i lengdeintervallet 8 til 15 cm. I den andre fangsten var det 23 aure og 27 laks, som fordelte seg i lengdeintervallet 4 til 8 cm. Det vart ikkje registret glochidielarver på fiskegjellene på denne fisken.

Fisken som vart undersøkt i 1999 var fanga ved Melhusfossen (**Figur 15C**). Det var 19 aure og 40 laks. Auren var frå 7 til 16 cm lang og laksen frå 4 til 14 cm. Det vart heller ikkje denne gongen registret glochidielarver på fiskegjellene.



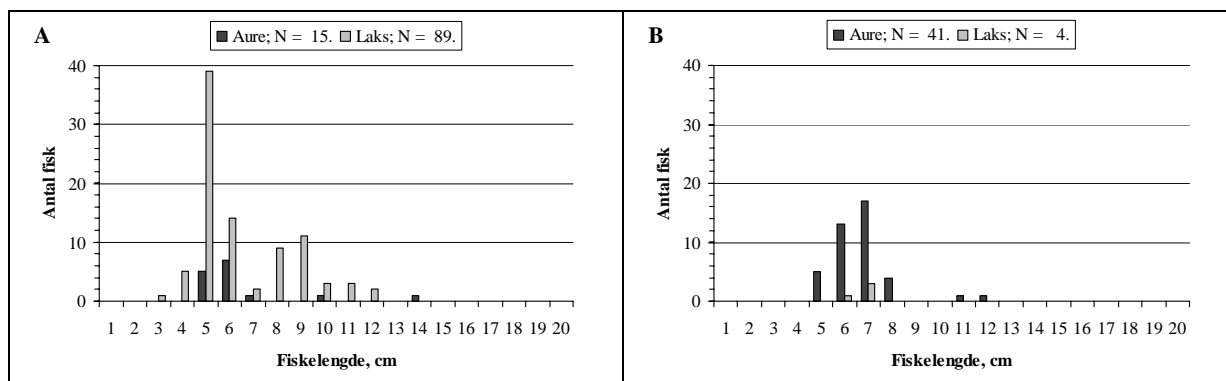
Figur 15. Lengdefordeling for aure og laks fanga ved Viblemo i november 1996 (A) og (B) og ved Melhusfossen i september 1999 (C), som er undersøkt for glochidielarver.

4.4.2 Elfiske i 2001

Den 26.09.01 vart det samla inn fisk på stasjon 3 og 4 med elektrisk fiskeapparat. I alt vart det fanga 89 laks og 15 aure på stasjon 3, og 4 laks og 41 aure på stasjon 4 (**Figur 16A,B**). Skilnaden i

elvekarakter mellom stasjon 3 og 4 avspeglar seg i fangsten av fisk med mest laks på den nedre stasjonen og mest aure på den øvre stasjonen.

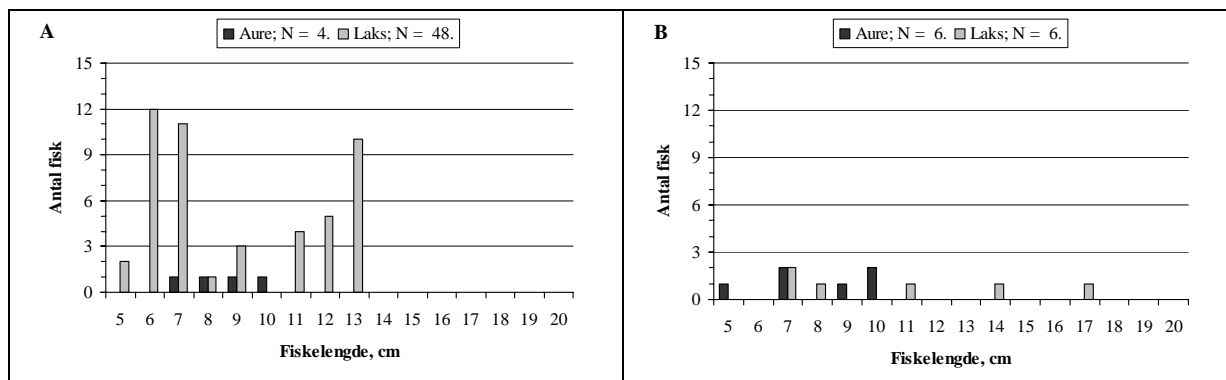
Gjellene på all fisken (N = 149) vart undersøkt for glochidielarver. Det vart ikkje funne larver på fiskegjellene.



Figur 16. Lengdefordeling for aure og laks fanga på stasjon 3 (A) og stasjon 4 (B) i Audna den 26.09.2001 som er undersøkt for glochidielarver.

4.4.3 Elfiske i 2007

Det vart på nytt samla inn fisk på stasjon 3 og 4 den 17.04.2007. Det var mest fisk på stasjon 3, der det vart fanga 4 aure (7,4-10,4 cm) og 48 laks (5,5-13,9 cm) (**Figur 17A,B**). På stasjon 4 vart det samla inn 6 aure (5,9-10,6 cm) og 6 laks (7,6-17,2 cm). Det vart ikkje funne glochidielarver på fisken i 2007-materialet heller.



Figur 17. Lengdefordeling for aure og laks fanga på stasjon 3 (A) og stasjon 4 (B) i Audna den 17.04.2007, som er undersøkt for glochidielarver.

Fisken som er undersøkt for glochidielarver er fanga til ulike tidspunkt. Fisken frå 2001 var fanga 26.09. og den frå 2007 var fanga 17.04. Fisken frå 1996 og 1999 var fanga i november og september.

Under forsøk utført ved Ballinderry Fish Hatchery i Irland vart det registrert flest glochidier på fiskegjellene i desember 1999 og september 2000 med om lag 153 glochidielarver pr. vertsfisk (Anonym 2002). I juni 2000 vart det registrert 12 glochidielarver pr. vertsfisk, og i juli 2000 var det ingen glochidier å finne. I juli hadde med andre ord alle glochidiene slept seg frå fiskegjellene. Såleis

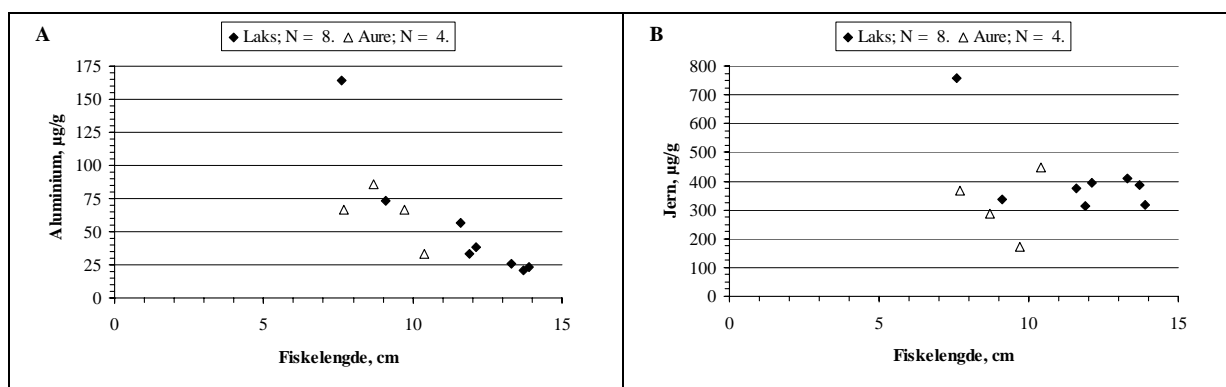
er det best å finne glochidier seint på hausten eller tidleg om våren, som var dei tidsromma fisk frå Audna vart undersøkt.

4.5 Aluminium og jern på fiskegjellene

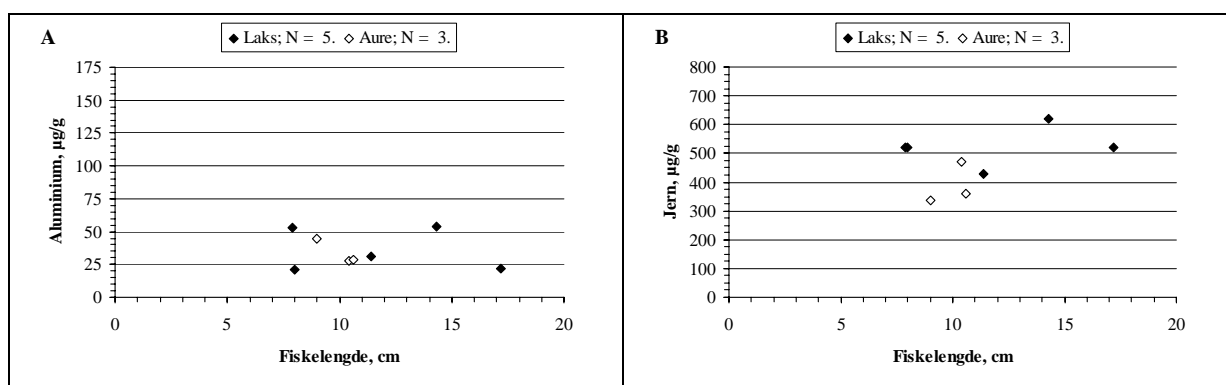
Den 17.04.2007 vart det som nemnt tatt fiskegjeller for analyser av aluminium og jern på stasjon 3 og 4.

Aluminiumsanalysene for gjelleprøvene på laks frå stasjon 3 viser verdier frå 21 til 164 $\mu\text{g Al/g}$ turrvekt gjelle (**Figur 18A**), med ein gjennomsnittsverdi på 54,38 $\mu\text{g Al/g tv}$ (SD = 47,81). Tilsvarende aluminiumsverdiar for auren var 33 til 86 $\mu\text{g Al/g tv}$, med ein gjennomsnittsverdi på 63,25 $\mu\text{g Al/g tv}$ (SD = 22,07).

Jernverdiane for gjelleprøvene på laks frå stasjon 3 viser verdier frå 314 til 756 $\mu\text{g Fe/g}$ turrvekt gjelle (**Figur 18B**) med ein gjennomsnittsverdi på 411,13 $\mu\text{g Fe/g tv}$ (SD = 143,84). Tilsvarende jernverdier for auren var frå 173 til 448 $\mu\text{g Fe/g tv}$ med ein gjennomsnittsverdi på 318,5 $\mu\text{g Fe/g tv}$ (SD = 117,17).



Figur 18. Aluminium (A) og jern (B) på gjeller av laks og aure som vart fanga på stasjon 3 i Audna den 17.04.2007.



Figur 19. Aluminium (A) og jern (B) på gjeller av laks og aure som vart fanga på stasjon 4 i Audna den 17.04.2007.

Aluminiumsanalysene for gjelleprøvene på laks frå stasjon 4 viser verdier frå 21 til 54 $\mu\text{g Al/g}$ turrvekt gjelle (**Figur 19A**), med ein gjennomsnittsverdi på 36,2 $\mu\text{g Al/g tv}$ (SD = 16,27). Tilsvarende

aluminiumsverdiar for auren var frå 29 til 45 $\mu\text{g Al/g tv}$, med ein gjennomsnittsverdi på 34,0 $\mu\text{g Al/g tv}$ (SD = 9,54). Som det framgår var det ingen artsspesifikk akkumulering hos dei to fiskeartane.

Jernverdiane for gjelleprøvene på laks frå stasjon 4 viser verdiar frå 428 til 622 $\mu\text{g Fe/g turrvekt gjelle}$ (**Figur 19B**) med ein gjennomsnittsverdi på 523 $\mu\text{g Fe/g tv}$ (SD = 68,61). Tilsvarende jernverdiar for auren var frå 335 til 471 $\mu\text{g Fe/g tv}$, med ein gjennomsnittsverdi på 389,0 $\mu\text{g Fe/g tv}$ (SD = 72,20). For jern var det noko meir jern akkumulert på laksegjeller enn på auregjeller.

I tidsrommet 2000-2005 er det analysert gjellealuminium på laks fanga ved Melhusfossen i Audna (Barlaup mfl. 2006). Prøvene vart tatt på hausten og viste låge konsentrasjonar av aluminium på gjellene med frå 12,4 til 26,6 $\mu\text{g Al/g turrvekt gjelle}$. I tidsrommet 1998-2000 vart det analysert på innhenta fiskegjeller i smoltutgangen på våren. Desse analysene gav svært høge konsentrasjonar av aluminium på gjellene, i gjennomsnitt frå 116,0 til 449,0 $\mu\text{g Al/g turrvekt gjelle}$. I samband med ei sjøsaltepisode i januar 2005 vart det tatt gjelleprøver ved Konsmo og Melhusfossen (Barlaup mfl. 2006). Ved Konsmo var gjennomsnittleg konsentrasjon av aluminium på gjellene av lakseunger på 110,8 $\mu\text{g Al/g turrvekt gjelle}$ og ved Melhusfossen 603,6 $\mu\text{g Al/g turrvekt gjelle}$. Båe seriane med analyser av aluminium på fiskegjeller i Audna viser svært høge konsentrasjonar om våren og ein aukande gradient nedover i vassdraget. Den same aukande gradienten når det gjeld aluminium vart registrert i prøvene våre frå 17.04.2007. Den auka konsentrasjonen kan sjå ut til å ha samband at det er fleire sure sidevassdrag til Audna på strekninga nedanfor Ytre Øydnavatnet (Kaste mfl. 2000), og dette understøttar at vassdraget sannsynlegvis er sterkt påverka av blandsoner. Det er sannsynleg at konsentrasjonar høgare enn 100 $\mu\text{g Al/L}$ skuldast akkumulering av aluminium med opphav i forsuring og blandsoner. Om akkumuleringa på gjellene kan ha noko å seia for at glochidielarvene skal feste seg på fiskegjellene er uvisst. For konsentrasjonar av jern på fiskegjellene finst det ikkje andre data å vise til frå Audna.

4.6 Tidlegare overføringer av elvemuslingar

I fleire land er det gjeninnført elvemuslingar til lokalitetar der han hadde forsvunne på grunn av menneskeleg påverknad (jf. Larsen 1997). I norsk samband er det ikkje så mange tilfelle å vise til, og erfaringane er difor sparsame. Under arbeidet med å få kartlagt elvemuslingen på landsbasis (Dolmen & Kleiven 1997a,b), fekk vi opplysning av ein person som hadde overført elvemuslingar til to-tre mindre vassdrag i Nordland. I 1990 vart det utsett nokre elvemuslingar i Trollbekken ved Trondheim etter å ha testa muslingane mot rotenon (Dolmen *et al.* 1995). Det er seinare ikkje kjent korleis det har gått med overlevinga når det gjeld desse overføringane.

4.7 Råd om gjeninnføring eller overføring av elvemuslingar

Når det gjeld spørsmålet om gjeninnføring av elvemuslingar har Ziuganov *et al.* (1994) kome med fire viktige kriterier. Det bør 1) skje innan det naturlege utbreiingsområdet for elvemuslingen, 2) når den opphavlege bestanden av elvemuslingen er utdødd eller ute av stand til å reprodusere, 3) når samla menneskeskapt påverknad i vassdraget ikkje hindrar reetablering og 4) når det finst vertsfisk i vassdraget.

Gjeninnføringa av elvemuslingen i Audna i 1991 tilfredsstiller alle dei kriteria som Ziuganov *et al.* (1994) tilrådde.

På grunnlag av det arbeidet vi har gjort med å gjeninnføre elvemuslingen i Audna har vi fått ein del nyttige erfaringar. Her følgjer nokre råd ved eventuell gjeninnføring eller overføring av elvemusling til andre vassdrag:

1. Ved gjeninnføring av elvemuslingen må vassdraget ha ein god vasskjemi på årsbasis
2. Vassdraget må ha levedyktig bestand av eigna vertsfisk, som er laks eller aure
3. Vassdraget må ha stabil vassføring i den forstand at det ikkje turkar ut sommarstid
4. Unngå vassdrag med intensiv utnytting i form av kraftregulering, fiskeoppdrett, vassforsyning osv.

5. Plasser ikkje elvemuslingane i for sterk straum. Ved for sterk straum vil elvemuslingane sannsynlegvis ha problem med å få filtrert vatnet for matpartiklar. Det framstår som den viktigaste grunnen til den betre veksten på stasjon 3 i høve til stasjon 4
6. Plasser elvemuslingane i tilknytning til substrat som framtrer som stabilt
7. Unngå område med rasprege elvekantar
8. Plasser elvemuslingane på botn med innslag av sand, fin grus og grus
9. Set ut elvemuslingane helst i tilknytning til store steinar (jf. pkt. 5) med naudsynt innslag av substrat som omtala i pkt. 8
10. Set dei i kulpar slik at det ikkje blir for grunt ved lita vassføring
11. Set elvemuslingane på skuggedekte område eller side i elva
12. Ver oppmerksom på at eventuell inngraving av nummer i skalet ikkje må skje for djupt, fordi ein da går gjennom det ytre vernande laget, og det kan bli tært hol på sjølve kalklaget innanfor. Da vil muslingen dø
13. Unngå område med algevekst
14. Unngå område med organiske utslepp
15. Unngå område som i for stor grad er eksponert for folkelege aktivitetar som bading og båtsport
16. Sidebekkar med god vasskjemi, sikker vassføring og eigna vertsfisk, kan vera gunstigare lokalisering ved gjeninnføring av elvemuslingen enn i hovudvassdraget. Da vil det kunne bli tettare kontakt mellom elvemusling og fisk. Fisken vil da kunne føre med seg glochidielarver ut i hovudvassdraget med mogleg etablering der

Generelt vil vi gjera oppmerksom på at elvemuslingen er freda ved Lov om laks og innlandsfisk av 1992, slik at det krevst løyve for overføring eller flytting av arten.

5. Litteratur

- Angell-Petersen I. & Størkersen, Ø. 1994. Truete arter i Norge. Verneforslag, Direktoratet for naturforvaltning. DN-rapport 1994-2: 1-53.
- Anonym 2002. Culturing Freshwater Pearl Mussel *Margaritifera margaritifera* in Northern Ireland. A first step toward the reintroduction of a threatened species. Phase 1 - The Development of techniques to mass culture *M. margaritifera* and the reintroduction of Freshwater Pearl Mussel to a river with historical but no current records of *M. margaritifera*. 1-5.
www.fwr.org/envirnw/sr0202.htm
- Anonym 2007. *Jærperlene lokal attåtning og danske dronningsmykke*. Hå gamle prestegard 2007. 1-8.
- Barlaup, B.T., Raddum, G.G. & Sundt, R.C. 1997. Fisk. S. 105-107 i: Kalking av vann og vassdrag. Overvåking av større prosjekter 1996. Direktoratet for naturforvaltning. DN-notat 1997-1. 1-288.
- Barlaup, B.T. Gabrielsen, S.-E. & Kleiven, E. 2006. Fisk. S. 80-83 i: Anonym (red.): Kalking i vann og vassdrag. Effektkontroll av større prosjekter 2005. Direktoratet for naturforvaltning. Notat 2006-1. 1-271.
- Bauer, G. 1983. Age structure, age-specific mortality and population trend of the freshwater pearl mussel in N. Bavaria. Archiv für Hydrobiologie 98: 523-532.
- Bauer, G. 1986. The status of the freshwater pearl mussel *Margaritifera margaritifera* L. in the south of its European range. Biological Conservation 38: 1-9.
- Bauer, G. 1991. Plasticity in life history traits of the freshwater pearl mussel – consequences for the danger of extinction and for conservation measures. In: Seitz, A. & Loeschcke, V. (eds.): Species Conservation: A Population Biological Approach. Birkhäuser Verlag, Basel. 103-120.
- Bauer, G. 1992. Variation in the life span and size of the freshwater pearl mussel. Journal of Animal Ecology 61: 425-436.
- Bergstøl, T. 1960. Vigmostadboka II. Nærings- og kulturlivet. Salvesen, Mandal. 1-404 s.
- Bjork, S. 1962. Inverstigations on *Margaritifera margaritifera* and *Unio crassus*: limnologic studies in rivers in South Sweden. Acta Limnologica 4: 1-109.
- Carell, B., Forberg, S., Grundelius, E., Henrikson, L., Johnels, A., Lindh, U., Mutvei, H., Olsson, M., Svärdström, K. & Westermarck, T. 1987. Can mussels shells reveal environmental history? Ambio 16: 2-10.
- Collins, N.M. & Wells, S.M. 1987. Insects and other invertebrates as candidates for the Bern convention. European committee for the conservation of nature and natural resources. Strassbourg.
- DN (Direktoratet for naturforvaltning) 2006. Handlingsplan for elvemusling *Margaritifera margaritifera*. Rapport 2006-3: 1-24.
- Dolmen, D. og Kleiven, E. 1993. Elvemuslingprosjektet. S. 29-30 i: Kalking i vann og vassdrag 1991. FoU-årsrapporter. Direktoratet for naturforvaltning. DN-notat 1993-1. 1-281.
- Dolmen, D. & Kleiven, E. 1995. Elvemuslingprosjektet. Årsrapport 1994. 1-2.
- Dolmen, D., Arnekleiv, J.V. & Haukebø, T. 1995. Rotenone tolerance in the freshwater pearl mussel *Margaritifera margaritifera*. Nordic J. Freshw. Res. 70: 21-30.
- Dolmen, D. & Kleiven, E. 1996. Elvemuslingprosjektet. Årsrapport 1996. 1-2.
- Dolmen, D. & Kleiven, E. 1997a. Elvemuslingen *Margaritifera margaritifera* i Norge 1. NTNU Vitenskapsmuseet Rapport Zoologisk Serie: 1997-6: 1-27.
- Dolmen, D. & Kleiven, E. 1997b. Elvemuslingen *Margaritifera margaritifera* i Norge 2. NTNU Vitenskapsmuseet Zoologisk Notat 1997-2: 1-28.
- Dolmen, D. & Kleiven, E. 1999. Elvemuslingen *Margaritifera margaritifera* - status og utbredelse i Norge. Fauna 52: 26-33.

- Dolmen, D. & Kleiven, E. 2004. The impact of acidic precipitation and eutrophication on the freshwater pearl mussel *Margaritifera margaritifera* (L.) in Southern Norway. *Fauna norv.* 24: 7-18.
- Dyk, V. & Dukova, S. 1974. The pearl oyster (*Margaritana margaritifera* Linnaeus, 1758) a neglected indicator of the pollution of mountain and submontane water flows of the crystalline region in Czechoslovakia. *Acta Veterinaria Brno* 43: 287-304.
- Ekman, T. 1905. Undersökningar öfver flodpärlmusslans förekomst och lefnadsförhållanden i Ljusnan och dess tillflöden innom Härjedalen. *Medd. Kungl. Landtbruksstyrelsen* 110: 1-12.
- Geiler, H. 1976. Biometrische bearbeitung der schalen einer teilpopulation der flussperlmuschel (*Margaritifera margaritifera* L.) aus dem oberen Vogtland (Sachsen) im vergleich zu angaben anderer autoren über europäische, insbesondere nordeuropäische herkünfte. *Malak. Abh.* 5: 75-90.
- Gittings, T., O'Keefe, D., Gallagher, F., Finn, J. & O'Mahony, T. 1998. Longitudal variation in abundance of a freshwater pearl mussel *Margaritifera margaritifera* population in relation to riverin habitats. - *Biology and Environment: Proceedings of the Royal Irish Academy* 98B: 171-178.
- Haraldstad, Ø. 1991. Laksen er tilbake i Audna. Rapport fra et elvekalkingsprosjekt. Direktoratet for naturforvaltning/Fylkesmannen i Vest-Agder. 1-40.
- Hastie, L.C., Young, M.R. & Boon, P.J., 2000. Growth characteristics of freshwater peral mussels, *Margaritifera margaritifera* (L.). *Freshwater Biology* 43: 243-256.
- Hastie, L.C., Boon, P.J., Young, M.R. & Way, S. 2001. The effects of a major flood on an endangered freshwater mussel population. *Biological Conservation* 98: 107-115.
- Heming, T.A., Vinogradov, G.A., Klerman, A.K. & Komov, V.T. 1988. Acid-base regulation in the freshwater pearl mussel *Margaritifera margaritifera*: Effects of emersion and low water pH. *Journal of Experimental Biology* 137: 501-511.
- Hendelberg, J. 1960. The fresh-water pearl mussel, *Margaritifera margaritifera* (L.). *Rep. Inst. Freshw. Res. Drottningholm* 41: 149-171.
- Henrikson, L. 1996. The freshwater pearl mussel *Margaritifera margaritifera* (L.) (Bivalvia) in southern Sweden – effects of acidification and liming. – Paper II (12 pp.) in Henrikson, L. Acidification and liming of freshwater ecosystems – examples of biotic responses and mechanisms. Thesis, Göteborg University (Dept. of Zoology).
- Hruska, J. 1992. The freshwater pearl mussel in South Bohemia: evaluation of the effect of temperature on reproduction, growth and age structure of the population. *Archive für Hydrobiologie* 126: 181-191.
- Jungbluth, J.H. & Lehmann, G. 1976. Untersuchungen zur Verbreitung, Morphologie und Ökologie der *Margaritifera*populationen an den atypischen Standorten des jungtertiären Basaltes im Vogelsberg/Oberhessen (Mollusca: Bivalvia). *Archiv für Hydrobiologie* 78: 165-212.
- Kleiven, E. og Dolmen, D. 1999. Perler frå elvemuslingen *Margaritifera margaritifera* – kulturhistoriske glimt. *Fauna* 52: 47-57.
- Kleiven, E. og Matzow, D. 1989. Prøvefiske i tre vatn i Audnedal før kalking. Direktoratet for naturforvaltning. DN-notat nr. 7-1989. 1-33.
- Kleiven, E.; Økland, J. & Dolmen, D. 1989: Elvemuslingen - muslingen med kongeleg pondus. S. 42-71 i Anonym (red.): Vår barndoms have. Årbok 1989 for Vest-Agder Fylkesmuseum. 99 s.
- Kleiven, E. og Dolmen, D. 2002. Statusrapport for elvemuslingen i Audna. 1.03.2002. Rapport sendt Direktoratet for naturforvaltning. 1-3.
- Kaste, Ø., Kroglund, F. & Enger, E. 2000. Revidert kalkingsstrategi for Audnavassdraget i Vest-Agder. NIVA-rapport, løpenummer 4273-2000. 1-38.
- Kålås, J.A., Viken, Å. og Bakken, T. (red.) 2006. Norsk Rødliste 2006. – 2006 Norwegian Red List. Artsdatabanken. Norway. 1-416.
- Larsen, B.M., Eken, M. & Tysse, Å. 1995. Elvemusling, *Margaritifera margaritifera*, i Simoa, Buskerud. Utbredelse og bestandsstatus. NINA-Oppdragsmelding 380: 1-17.
- Larsen, B.M. 1997. Elvemusling (*Margaritifera margaritifera* L.). Litteraturstudie med oppsummering av nasjonal og internasjonal kunnskapstatus. NINA-Fagrapport 20. 1-51.

- Moog, O., Neesemann, H., Ofenböck, T. & Stundner, C. 1993. Grundlagen zum schutz der flussperlmuschel in Österreich. Bristol-Stiftung (Ruth und Herbert Uhl); Forschungsstelle für Natur- und Umweltschutz 3: 1-233.
- Moorkens, E.A. & Costello, M.J. 1994. Imminent extinction of the Nore freshwater pearl mussel *Margaritifera durrovensis* Phillips: A species unique to Ireland. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems* 4: 363 – 365.
- Nordiska ministerrådet 1995. Hotade djur och växter i Norden. Nordisk rødlista. TemaNord 1995-520.
- Risa, L. 2005. Då perlefangsten i Håelva var kongeleg privilegium. S. 60-77 i: Indrebø, H.T., Nærland, E.T., Risa, L., Grimstvedt, M. og Snørteland, M. (red.): Sjø Jæren. Årbok for Jærmuseet 2004. 1-216.
- Rubbel, A. 1913. Beobachtungen über das wachstum von *Margaritana margaritifera*. *Zool. Anz.* 41: 156-162.
- Saksgård, R. og Schartau, A.K.L. 2006. Audna. 2. Vannkjemi. S. 78-80 i: Anonym (red.): Kalking i vann og vassdrag. Effektkontroll av større prosjekter 2005 Direktoratet for naturforvaltning, Notat 2006-1. 1-271.
- Semenova M.N., Karpycheva L.A., Voloshenko B.B., Bugaev V.F. (1992) Comparative analysis of growth rates of the freshwater pearl mussel *Margaritifera margaritifera* (Bivalvia, Margaritiferidae) in different water bodies . *Zoologicheskii Zhurnal* 71: 19 27.
- Skinner, A., Young, M. & Hastie, L. 2003. Ecology of the freshwater pearl mussel. *Conserving Natura 2000 Rivers Ecology Series No 2* English Nature, Peterborough. 1-16.
- Skjelkvåle, B.L., Tørseth, K., Aas, W. and Andersen, T. 2001. Decrease in acid deposition - Recovery in Norwegian waters. *Water, Air, Soil, Pollut.* 130: 1433-1438.
- Størkersen, Ø. 1992. Truete arter i Norge. Norwegian red list. Direktoratet for naturforvaltning. DN-Rapport 6: 1-89.
- Taranger, A. 1890. De norske perlefiskerier i ældre tid. *Historisk Tidsskrift* (3rd series) 1: 186-237.
- Tryland, T. 1977a. Perlefisket i Audna var ei viktig inntektskjelde før i tida. Artikkel i avisa "Lindesnes" 25. mai 1977. Mandal.
- Tryland, T. 1977b. Litt meir om perlefisket i Audna. Artikkel i avisa "Lindesnes" 10. august 1977. Mandal.
- Vannote, R.L. & Minshall, G.W. 1982. Fluvial processes and local lithology controlling abundance, structure and composition of mussel beds. *Proceedings of the National Academy of Science* 79: 4103-4107.
- Watne, E., Thu, R., og Helgeland, L.R. 2007. *Jærperlene lokal attåtning og danske Dronningsmykke*. Hå gamle prestegard 2007. 1-88.
- Wells, S.M., Pyle, R.M. & Collins, N.M. (red.) 1983. The IUCN invertebrate red data book. Internat. Union Conserv. Nature, Gland (Switzerland).
- Wächtler, K. 1986. Zur Biologie der Flussperlmuschel *Margaritifera margaritifera* (L.). *Entwicklung, Gefährdung, Aussichten. Naturwissenschaften* 73: 225-233.
- Willmann, R. & Pieper, H. 1978. Lamellibranchiata. s. 135-137 i: Illies, J. (red.): *Limnofauna Europaea*. Gustav Fischer, Stuttgart.
- Young, M. 1995. The distribution, ecology and conservation of the freshwater pearl mussel (*Margaritifera margaritifera* L.) in Scotland. *Information and Advisory Number 2*, Scottish Natural Heritage, Edinburgh. 1-10.
- Young, M.R., Cosgrove, P.J. & Hastie, L.C. 2000. The extent of, and causes for, the decline of a highly threatened naiad: *Margaritifera margaritifera*. In: Bauer, G. & Wächtler, K. (eds.): *Ecology and Evolutionary Biology of the FreshwaterMussels Unionoidea*. Springer Verlag, 337-357.
- Ziuganov, V., Zotin, A., Nezlin, L. & Tretiakov, V. 1994. The freshwater pearl mussel and their relationship with salmonid fish. *VNRIO Publ. House, Moscow*. 1-104.
- Økland, J. 1975. Utbredelsen av elveperlemusling og andre bløtdyr i Europa - rutenett for Norge. *Fauna* 28: 61-70.
- Økland, J. 1976. Utbredelsen av noen ferskvannsmuslinger i Norge, og litt om European Invertebrate Survey. *Fauna* 29: 29-40.

NIVA: Norges ledende kompetansesenter på vannmiljø

NIVA gir offentlig vannforvaltning, næringsliv og allmennheten grunnlag for god vannforvaltning gjennom oppdragsbasert forsknings-, utrednings- og utviklingsarbeid. NIVA kjennetegnes ved stor faglig bredde og godt kontaktnett til fagmiljøer i inn- og utland. Faglig tyngde, tverrfaglig arbeidsform og en helhetlig tilnærmingssmåte er vårt grunnlag for å være en god rådgiver for forvaltning og samfunnsliv.



Norsk institutt for vannforskning

Gaustadalléen 21 • 0349 Oslo
Telefon: 02348 • Faks: 22 18 52 00
www.niva.no • post@niva.no